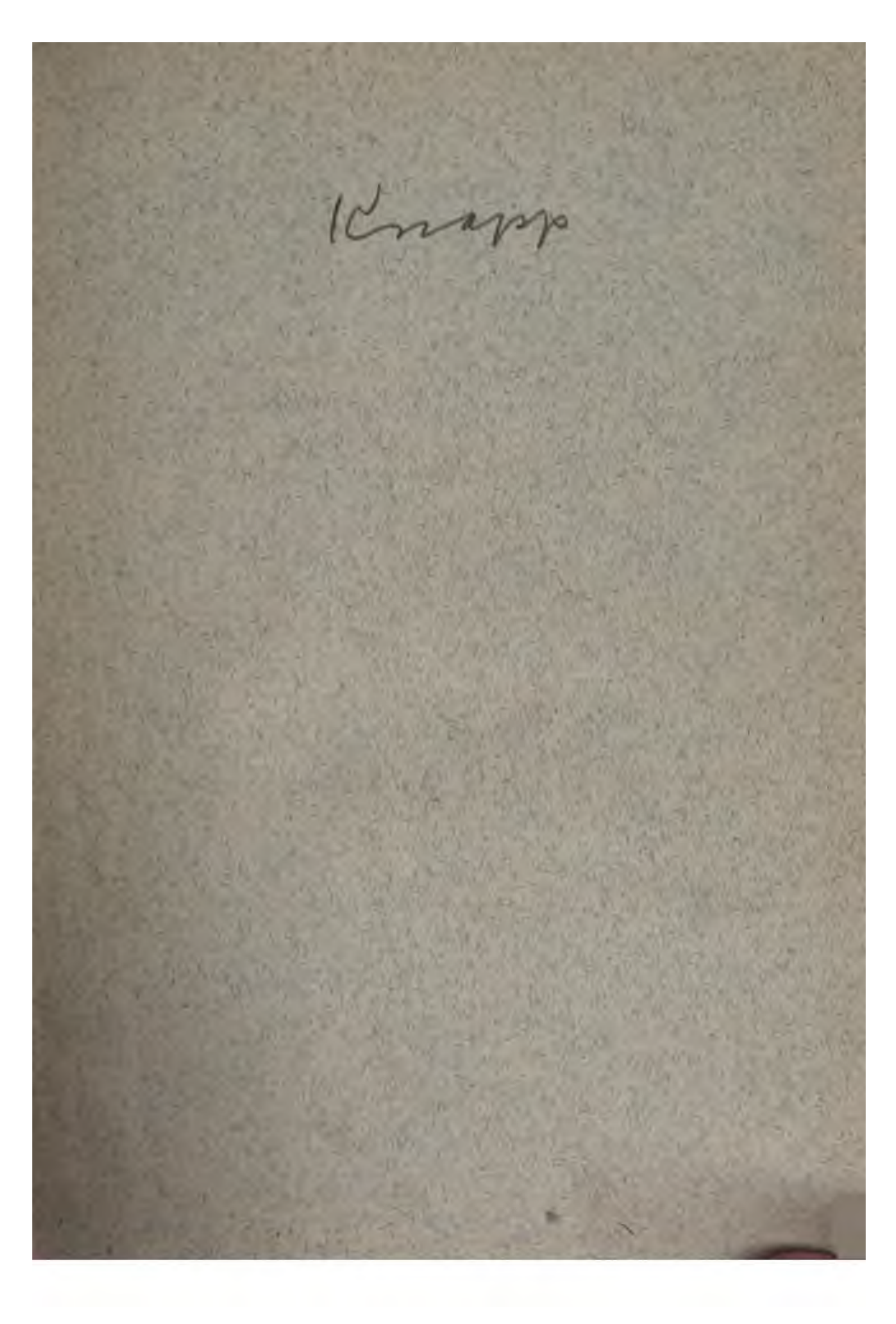
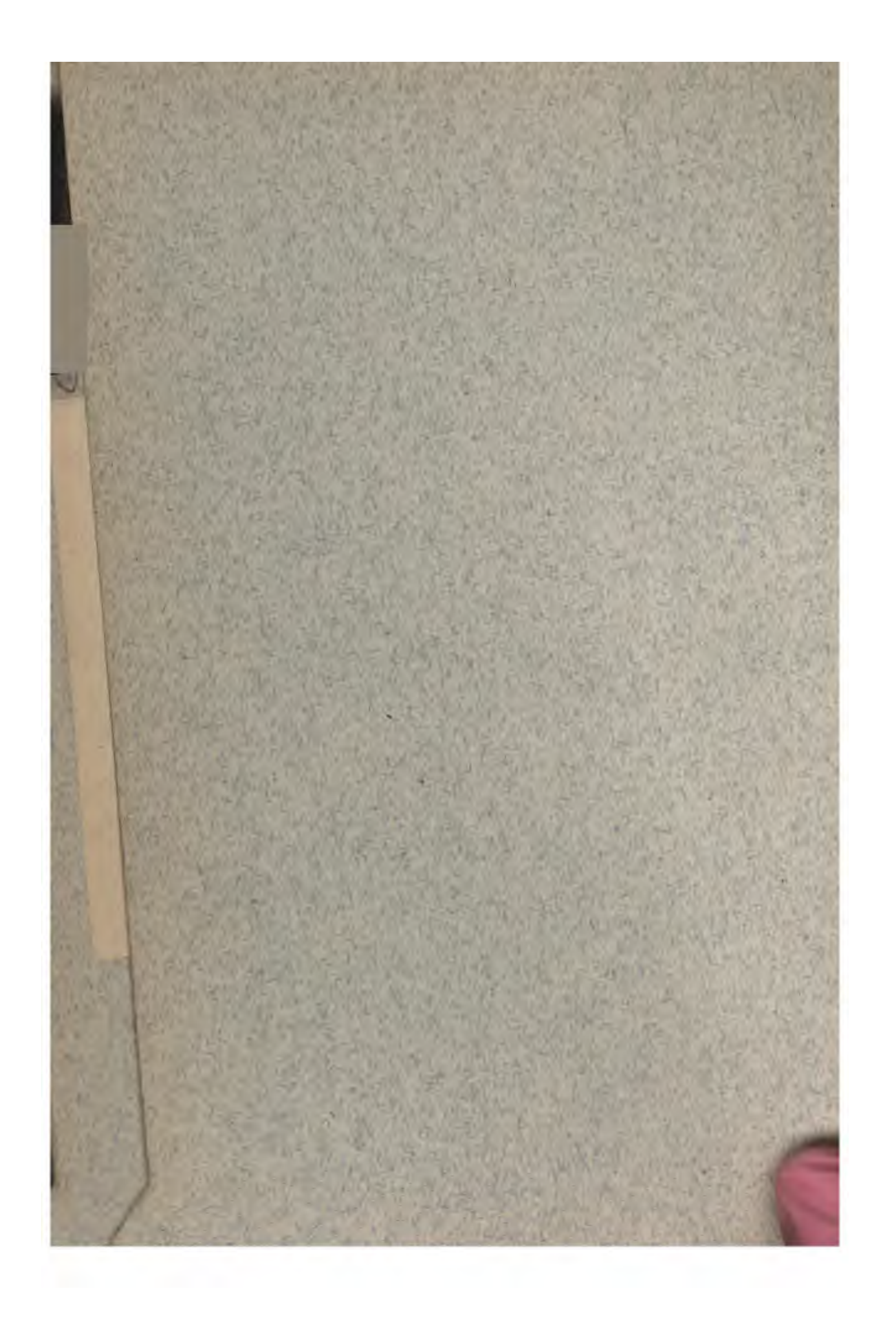
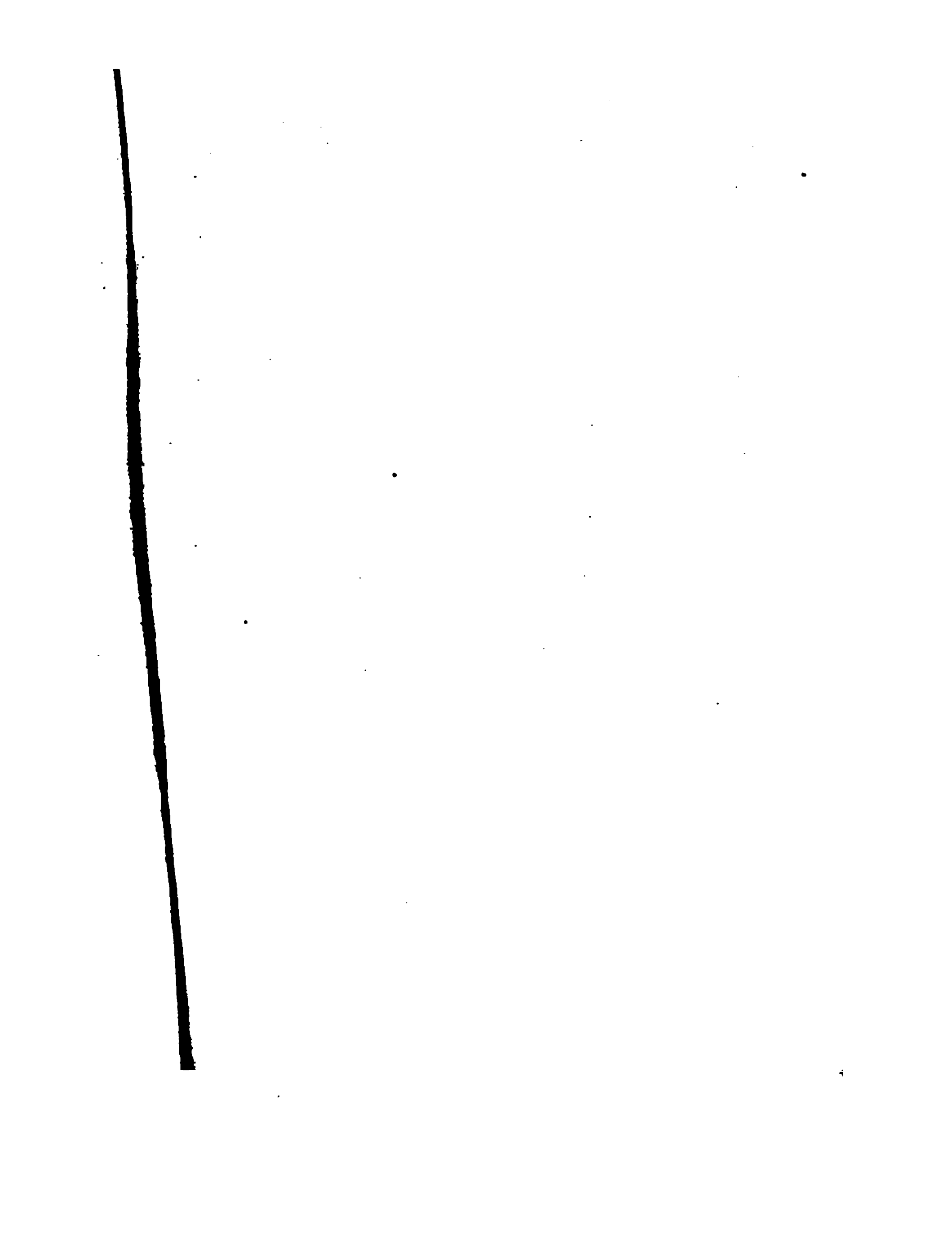

LANE MEDICAL LIBRARY STANFORD
2 45 0061 5868

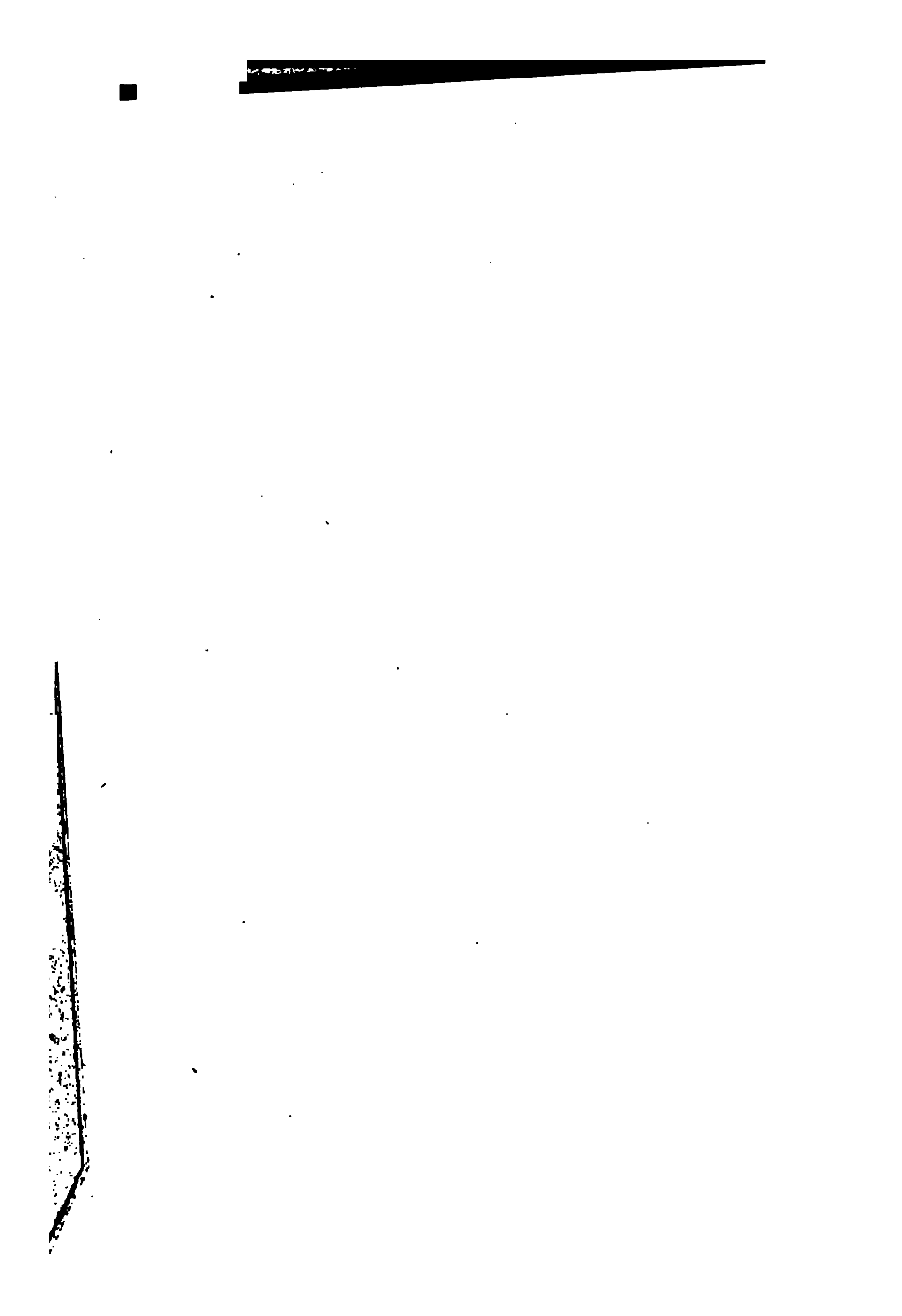



SEAL OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY
SEMPER VIRENS
1885


Knapp







Elektro-technische Bibliothek.

XVIII. BAND.

Die

Elektrotechnik

in der praktischen

HEILKUNDE.

A. Hartleben's Verlag.
WIEN · PEST · LEIPZIG.

Die

ELEKTRO-TECHNIK

in der praktischen

HEILKUNDE.

Von

Dr. Rudolf Lewandowski.

Mit 95 Abbildungen.



WIEN. PEST. LEPZIIG.
A. HARTLEBEN'S VERLAG.
1883.

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

Vorwort.

Als vor mehr als dritthalb Jahrtausenden Thales von Milet die Eigenschaften des Bernsteins beschrieb, welcher in geriebenem Zustande leichte Körper anziehe, und diese Eigenschaft nach dem Bernsteine (griechisch Elektron genannt) mit Elektricität bezeichnete, dürfte wohl weder er, noch durch mehr als 2000 Jahre nach ihm, selbst der Gebildetsten Einer an die Bedeutung gedacht haben, die dieser Wissenszweig in unseren Tagen erlangt hat.

Ja selbst zu Galvani's und Volta's Zeiten dachte man nicht an die Möglichkeit, diese Naturkraft je so nutzbar und dienstbar zu gestalten, als schon geschehen. Mussten wir ja noch vor wenig Jahren es erleben, dass von competenter Seite die Uebertragung der menschlichen Stimme, gesprochener Laute, sowie ganzer Musikpiècen durch Elektricität in das Reich der Utopien gewiesen wurde, während wenige Tage nachher Graham Bell sein Telephon beschrieb.

Heute dürfen wir es ohne Uebertreibung aussprechen, dass der Pulsschlag unseres ganzen Weltverkehres und unserer modernen socialen Beziehungen still stehen würde, müssten wir der Elektricität entrathen. So sehr hat sich die Telegraphie, Telephonie, Galvanoplastik etc.

eingelebt, von allen anderen, vielleicht nicht minder wichtigen Anwendungen dieses Agens gar nicht zu sprechen.

Die allernächste Zukunft gehört wohl dem elektrischen Lichte und der elektrischen Kraftübertragung, welche zwei Ziele im Vordergrunde der so rasch zur Bedeutung gelangten Elektrotechnik stehen.

Die älteste und früheste Anwendung jedoch erfuhr die Elektricität in der Heilkunde; Jahrhunderte früher, als die Grundlagen auch nur zu den allerdürftigsten Kenntnissen von den Gesetzen der sogenannten statischen Elektricität gelegt wurden, lange vor Galvani und Volta, lange ehe auch nur eine einzige der heute so geläufigen Verwerthungen der Elektricität zur That geworden.

Berichtet uns ja schon die Sage, dass vor Jahrtausenden bereits Negerfrauen ihre kranken Kinder im Wasser, worin sich der Zitterrochen befand, badeten, und finden wir dieselbe Heilmethode zur Zeit des Kaisers Tiberius von einem Arzte, Namens Scribonius Largus, in Uebung, sowie einschlägige Berichte von der Heilkraft der Elektricität von Plinius, Hippokrates, Galen, Dioskorides etc.

Jede Phase der Erweiterung unserer Kenntnisse über Elektricität war von epochemachender Rückwirkung auf die Anwendung derselben in der Heilkunde. So finden wir schon nach Erfindung der Reibungselektrisirmaschine und nach dem Bekanntwerden der Leydnerflasche die Anfänge einer geordneten und zielbewussten Elektrotherapie in gründlichen Werken niedergelegt und eine

lange Reihe gelungener Heilungen mittels Elektricität verzeichnet. Einen bedeutenden Fortschritt erfuhr die Elektrotherapie durch die Entdeckung der Berührungselektricität, und eine ganz neue Richtung eröffnete sich ihr durch Faraday's Entdeckung der Inductionselektricität. Die Glühwirkungen der Elektricität eroberten derselben in der Chirurgie als Galvanokaustik einen Ehrenplatz und machten die Elektroendoskopie möglich; die chemischen Wirkungen wurden schon seit langem zu Aetzungen und Zerstörungen von Neugebilden, sowie zur Aufsaugung von Schwellungen benützt. Heute ist die Elektricität zur Stellung gar mancher Diagnose und zu vielen therapeutischen Zwecken bereits absolut unentbehrlich und unersetzbar, während sie in einer Mehrzahl anderer Fälle sich ein Bürgerrecht erworben hat.

Allgemeine und localisirte Franklinisation, Galvanisation und Faradisation, Elektropunktur, Elektrolyse, Galvanokaustik, Elektroendoskopie, Elektrodiagnostik, Elektroindagation auf Kugeln und andere Metallgegenstände im menschlichen Körper sind Hauptetappen in dem grossen Gebiete der Elektrotherapie. Ja selbst das Telephon und Mikrophon sucht sie sich nutzbar zu machen, und es dürfte keine Errungenschaft auf dem Gebiete der Elektricitätslehre zu verzeichnen sein, von der nicht auch die Anwendung derselben in der Heilkunde Nutzen ziehen sollte.

Da indes die Elektricität aus dem engen Rahmen der sie bisher als ein Capitel der Physik beschränkte heraustritt, und bereits jetzt eine ganze Manneskraft nöthig ist, um alle Theile dieses rasch sich entfaltenden

Gebietes zu beherrschen, wird es wohl nöthig, auch die medicinische Elektrotechnik in die Elektrotechnik überhaupt einzuführen, und Jene, die sich letztere zur Aufgabe gestellt, mit den Bedürfnissen und Zielen des Arztes vertraut zu machen.

Wird doch auch der Bandagist, der Fabrikant medicinisch-chirurgischer Instrumente und Apparate, sowie orthopädischer Maschinen mit den Bedürfnissen und Intentionen des Chirurgen vertraut gemacht, theoretischen Vorlesungen, sowie operativen Eingriffen zugezogen, um in die Ziele, die der Arzt anstrebt, eingeweiht und in die Lage versetzt werden zu können, von seinem Standpunkte aus und mit Zuhilfenahme seiner speciell technischen Kenntnisse die nöthigen und entsprechenden Werkzeuge und Hilfsmittel auszuführen.

Je enger der Erzeuger medicinisch-chirurgischer Instrumente, Apparate und Maschinen mit dem Arzte zusammengeht und je mehr er Gelegenheit hat, die Entwicklung des betreffenden Zweiges der Heilkunde zu verfolgen, desto geeigneter und zweckentsprechender werden auch die Hilfswerkzeuge des Arztes ausfallen und die wohlthätige Rückwirkung auf seinen Wirkungskreis sicherlich nicht ausbleiben.

Dem Arzte fehlen ja, wäre er auch der bedeutendste Physiker, die technischen Kenntnisse und Handgriffe, um Alles selbst construiren zu können; ihm obliegt die Anregung — die Ausführung gehört aber in das Bereich des berufenen Arbeiters.

Was speciell das Gebiet der Elektricität anbelangt, so war es bislang allerdings noch möglich, dass der

Arzt dasselbe in jeder Beziehung vollkommen beherrsche, weil er sich ja nebst dem Physiker fast ausschliesslich mit diesem Agens beschäftigte; aber schon in allernächster Zukunft wird der Arzt genöthigt sein, ausser an den Mechaniker und Instrumentenmacher, auch an den Ingenieur zu appelliren, welch' letzterer, und zwar vom technischen Standpunkte aus, die Elektricität nunmehr als seine Domäne erklärt. Und wie Vieles bleibt noch von diesem Standpunkte aus zu lösen?!

Wäre es beispielsweise nicht ein ungeahnter Vortheil, wenn der Arzt, wenigstens für bestimmte Zwecke, die Elektricität benützen und anwenden könnte, ohne Batterien zu verwenden? Und könnte dies nicht etwa in der Art gelöst werden, dass bei Legung elektrischer Kabel für Zwecke der Beleuchtung und Kraftübertragung auch auf die Bedürfnisse des Arztes Rücksicht genommen und eine Seitenleitung für seine Zwecke eingerichtet würde, so dass er ausser einem entsprechenden Rheostaten, einem Galvanometer und den Polklemmen auf seinem Schreibtische sich um nichts weiter zu sorgen hätte?

Oder sollte das *pium desiderium* einer wahrhaft transportablen Batterie unerreichbar sein? Oder sollten die zu verschiedenen anderen Zwecken mit Vortheil verwendeten Accumulatoren sich nicht auch für medicinisch-chirurgische Zwecke brauchbar einrichten lassen? etc. etc.

Da die Elektrotechnische Bibliothek es sich zur Aufgabe gemacht hat, alle Zweige der Elektrotechnik in den Kreis der Behandlung zu ziehen, so darf auch die medicinisch-chirurgische Elektrotechnik hier nicht fehlen; die folgenden Blätter seien ihr ge-

widmet und von dem in vorliegenden Zeilen skizzirten Standpunkte aus abgefasst.

Es muss daher ausdrücklich erklärt werden, dass vorliegende Blätter ebensowenig eine Abhandlung über Elektrotherapie als über Elektrophysik für Aerzte bezwecken, sondern entsprechend den in diesem Vorworte zum Ausdrucke gebrachten Grundsätzen und conform dem Plane der Elektrotechnischen Bibliothek nur die Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde für Elektrotechniker, Aerzte und alle Diejenigen, die an dem Studium dieses modernen Zweiges der Naturwissenschaften Vergnügen und Freude finden, behandeln sollen. Deshalb wurde auch von physikalischen, physiologischen und therapeutischen Daten nur so viel aufgenommen, als zum Verständnisse unumgänglich nothwendig war.

Da diese Schrift strenge im Rahmen der bisher erschienenen Bändchen gehalten werden sollte, musste Manches bei der Fülle des Materiales nur aphoristisch behandelt werden und lag es völlig ferne, etwa alle bisher beschriebenen und empfohlenen, zur Verwendung in der Heilkunde geeigneten elektrischen Instrumente und Apparate anzuführen.

Mussten ja wegen Mangel an Zeit und Raum ganze Capitel, wie z. B. die Behandlung der in der Physiologie, Experimentalpathologie und Hygiene verwendbaren elektrischen Apparate übergangen und diese Blätter lediglich auf die Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde beschränkt werden, da dem Autor nur acht Wochen bei täglich fünfstündiger Thätigkeit als Arzt und Lehrer in der Anstalt, der er angehört,

nebst dessen sonstiger ärztlicher Praxis, zur Abfassung dieser ganzen Schrift sammt allen einschlägigen Vorarbeiten zu Gebote standen.

Dass der Autor bei gerechter Berücksichtigung der in der medicinisch-elektrischen Literatur veröffentlichten einschlägigen Instrumente und Apparate überhaupt, die in Oesterreich und speciell in Wien gefertigten eigenartigen und vorzüglichen Erzeugnisse besonders in den Vordergrund stellte, geschah in erster Richtung um der Sache selbst willen, in zweiter aber, um die völlig unrichtigen Angaben des Docenten Dr. Müller in Graz: »Die österreichischen Apparate können füglich wohl nicht in Betracht gezogen werden, sie befinden sich kaum im Primordialstadium und sind, mit wenigen Ausnahmen, nicht gut gelungene Imitationen ausländischer Fabrikate« (»Oesterr. ärztl. Vereinszeitung«, Wien, 1. Juni 1883) zu widerlegen. Sämmtliche Illustrationen von Erzeugnissen der Firmen Leiter und Mayer & Wolf sind nach deren eigenen Originalzeichnungen gefertigt.

Zum Schlusse obliegt mir noch die Pflicht, dem Herrn Verleger für die munificente Ausstattung dieses Werkes meinen Dank auszusprechen. Möge es, als erster Versuch dieser Art, eine günstige Beurtheilung erfahren.

Der Verfasser.

Inhalt.

Illustrations-Verzeichnis.

I.

Einleitung.

Während fast bei allen technischen Verwerthungen der Elektricität die eine oder die andere Wirkung einer bestimmten Elektricitätsart hauptsächlich und vorzugsweise benützt wird, unterscheidet sich die Anwendung dieser Naturkraft in der Heilkunde dadurch wesentlich von allen übrigen, dass hier einerseits alle Elektricitätsarten, nämlich die Reibungs-, Contact-, Inductions-, Thermo- und Dynamo-Elektricität, sowie sämmtliche Wirkungen derselben, als die mechanischen, thermischen, chemischen, optischen, magnetischen, elektrischen und physiologischen verwendet werden.

Ein anderer Unterschied zwischen der medicinischen und sonstigen technischen Anwendung der Elektricität gipfelt darin, dass sonst überall grössere Stromstärken benützt werden, in der Heilkunde aber auch selbst Stromstärken von 1/10000 Daniell mit günstigem Erfolge zur Verwendung gelangen.

Auch ist der menschliche Organismus nicht allein ein Object für die Application der Elektricität, sondern selbst mehrfach Elektricitätsquelle und äussern sich überhaupt die Wirkungen der Elektricität hier in ganz anderer

Richtung, als sonst, wo entweder blos die chemischen, thermischen, magnetischen oder elektrischen Wirkungen dieses Agens zur Verwendung gelangen.

Während übrigens sonst in jedem technischen Gebiete die Principien für die Anwendung der Elektricität kurz und bündig zusammengefasst werden können, ja sogar die Wirkung sich in den meisten Fällen durch ein mathematisches Calcul ganz genau ausdrücken lässt, sind hier für den Techniker die Principien der Anwendung der Elektricität nicht so durchsichtig, sondern erfordern Kenntnis gewisser physiologischer Grundsätze und praktischer Erfahrungen, ganz abgesehen von den physikalischen Grundlehren, um die Ziele des Arztes bei Verwerthung dieser oder jener Wirkungsweise der Elektricität richtig auffassen zu können. Aber auch der Arzt wird gewisse Principien, nach denen derlei Apparate gebaut und gehandhabt werden sollen, sich eigen machen müssen, um einerseits ohne Hilfe des Mechanikers kleinere Störungen an seinen Apparaten selbst in Ordnung zu bringen, andererseits um unter den verschiedenen Ausführungen eines und desselben Apparates die richtige Auswahl treffen und dem Techniker präcise Angaben seiner Bedürfnisse ertheilen zu können.

Daher muss der Beschreibung der Construction und Handhabung (Instandsetzung) der in der Heilkunde verwendeten elektrischen Apparate eine kurze Erörterung gewisser physikalischer, physiologischer und therapeutischer Grundsätze vorangeschickt werden.

Was die Elektrophysik anbelangt, so sind an dieser Stelle nur einige Hauptlehren des Galvanismus zu recapituliren, da das Wenige, was über Reibungselek-

tricität, Volta- und Magnetoinduction, sowie Thermoelektricität etc. hier einzubeziehen ist, bei der Besprechung der betreffenden Apparate abgehandelt werden kann.

1. Der galvanische Strom und die Polarisation.

Taucht man eine Zink- und eine Kupferplatte (Volta) in eine Flüssigkeit, beispielsweise in Zinksulfatlösung oder verdünnte Schwefelsäure (offene Kette), so treten an den freien Enden der aus der Flüssigkeit hervorragenden Metalle elektrische Spannungen auf. Verbindet man diese freien Enden durch einen Metalldraht (Schliessungsbogen), so circulirt durch diesen und die Flüssigkeit (geschlossene Kette) ein continuirlicher elektrischer Strom (galvanischer Strom). Die Eintrittsstelle des Stromes in eine der beiden Metallplatten (Elektromotoren) oder den Schliessungsbogen, sowie in die Flüssigkeit (Zwischenleiter) nennt man Anode (positiver Pol), die Austrittsstelle des Stromes aus den Elektromotoren, dem Schliessungsbogen oder dem flüssigen Zwischenleiter Kathode (negativer Pol).

Bei dieser Anordnung bewegt sich der Strom von der Zinkplatte in die Flüssigkeit, von dieser zur Kupferplatte, durch diese in den Schliessungsbogen und aus diesem in die Zinkplatte zurück. Es ist somit das in der Flüssigkeit befindliche Zinkende Anode, das Kupferende Kathode, umgekehrt ausserhalb der Flüssigkeit, denn dort ist der Kupferpol der positive (Anode) und der Zinkpol der negative (Kathode).

Das Vorhandensein dieses Stromes lässt sich an seinen Wirkungen erkennen. Bringt man die von jedem

freien Pole ausgehenden Drahtverlängerungen (Leitungsdrähte) an die Zunge, so nimmt man eine eigenthümliche Geschmacksempfindung wahr (sauer an der Anode, laugenhaft an der Kathode). Verbindet man die freien Enden der Leitungsdrähte mit einem Voltameter, in welchem sich angesäuertes Wasser befindet, so wird dieses Wasser zersetzt und Knallgas gebildet. Bringt man über dem Leitungsbogen einer geschlossenen Kette eine Magnetnadel, so wird sie von ihrer Richtung abgelenkt.

Man hat somit in der elektrochemischen oder elektromagnetischen Wirkung ein Mittel, um einerseits das Vorhandensein eines Stromes nachzuweisen, andererseits aber kann man diese Wirkungen der Elektricität auch zum Principe der Messung der Leistungsfähigkeit des Stromes verwenden, gerade so, wie man die Ausdehnung der Körper durch die Wärme zur Messung des Wärmezustandes eines Körpers verwendet.

Verbindet man mehrere der vorher erwähnten Ketten (oder galvanischen Elemente) derart unter einander, dass ein Schliessungsbogen von dem Zinke des ersten Elementes zum Kupfer des nächsten u. s. f. geführt wird und im ersten Elemente vom Kupferende, im letzten vom Zinkende die Leitungsdrähte abgehen (galvanische Säule oder Batterie), so kann man in der vorerwähnten Weise sowohl an der gesteigerten Geschmacks-Empfindung bei Application der Polenden an die Zunge, als auch an der grösseren chemischen Action und stärkeren Ablenkung der Magnetnadel eine Zunahme der Stromstärke (das ist der in der Zeiteinheit durch den Querschnitt des jeweiligen Schliessungsbogens fliessenden Elektricitätsmenge) erkennen.

Die Ursache dieses galvanischen Stromes (elektromotorische Kraft) wurde früher blos im Contacte verschiedener Körper gesucht, wird aber dermalen durch die chemische Reaction zwischen den verschiedenen Metallen und den flüssigen Zwischenleitern erklärt.

Bringt man verschiedene starre Körper (vorzugsweise Metalle) oder differente Flüssigkeiten oder Gase in entsprechender Weise mit einander in Berührung, so erweisen sich die auftretenden Ströme von verschiedener Stromstärke; am grössten ist dieselbe bei Berührung zweier differenter Metalle mit einer oder zwei Flüssigkeiten.

Volta hat zuerst verschiedene Metalle in eine Reihe (Spannungsreihe) gebracht, deren Glieder unter sonst ähnlichen Verhältnissen eine um desto grössere Stromstärke liefern, je weiter sie in dieser Reihe von einander abstehen. Man kann indess die Stromstärke eines Elementes auch noch dadurch vergrössern, dass man die chemische Einwirkung etwa durch Concentration der Flüssigkeit erhöht. In diesem Falle ist die Stromstärke nur der elektromotorischen Kraft proportional und zeigt eine Zunahme der letzteren unter sonst gleichen Verhältnissen auch immer eine Zunahme der ersteren an.

Die elektrochemische Wirkung einer Kette oder Säule äussert sich indess nicht nur im Schliessungsbogen, sondern auch in der Kette selbst. Schon kurze Zeit nach dem Schlusse des oberwähnten Voltameters sieht man an den Metallplatten Gasblasen auftreten, die zum Theile durch die Flüssigkeit nach aussen gelangen, zum Theile aber an den Elektromotoren haften bleiben. Auch hier ist das Wasser durch die Wirkung des Stromes in seine

chemischen Bestandtheile zerlegt worden und lässt sich an der Zinkplatte Sauerstoff, an der Kupferplatte hingegen Wasserstoff nachweisen. Der Sauerstoff oxydirt die Zinkplatte und das Zinkoxyd löst sich in der verdünnten Schwefelsäure zu Zinkvitriol. Dadurch wird die Flüssigkeit (verdünnte Schwefelsäure) bald erschöpft und nicht mehr im Stande sein, alles gebildete Zinkoxyd zu lösen, weshalb nicht sämmtlicher Sauerstoff oxydirend wirken, sondern ein Theil desselben die Zinkplatten mit einer Gasschichte überziehen wird, gerade so, wie die Kupferplatte von einer Wasserstoffschichte überzogen wird, und nun tritt infolge der Einwirkung dieser Gase auf den flüssigen Zwischenleiter ebenfalls ein elektrischer Strom auf, der aber vom Wasserstoff (an der Kupferplatte) zum Sauerstoff (an der Zinkplatte) und durch den Schliessungsbogen in die Flüssigkeit zurück, somit dem Hauptstrome entgegengesetzt verläuft (allgemein Polarisationsstrom genannt). Infolge dieser eben erwähnten Vorgänge wird somit die Stromstärke einer derartigen Kette oder Säule bald abnehmen (inconstante Elemente) und endlich auf Null herabsinken.

Dasselbe findet indess auch statt, wenn man an Stelle der verdünnten Schwefelsäure eine Zinksulfatlösung verwendet. Vorerst wird das Wasser zersetzt und man kann zum Theile die eben erörterten Vorgänge beobachten, im weiteren Verlaufe aber wird das Zinksulfat selbst der Zersetzung anheimfallen, das Zink sich metallisch an der Kupferplatte niederschlagen, die Schwefelsäure die oxydirte Schichte der Zinkplatte wieder zu Zinksulfat auflösen und der Strom nach einiger Zeit schon deshalb gänzlich aufhören, weil jetzt nicht

mehr eine Zink- und eine Kupferplatte, sondern zwei Zinkplatten in die Flüssigkeit tauchen.

Diesen Uebelständen kann man durch die Verwendung zweier Flüssigkeiten abhelfen. Stellt man beispielsweise das Kupfer in Form eines cylindrisch gebogenen Bleches in das Glasgefäss, umgiebt dasselbe mit einer Kupfervitriollösung, bringt innerhalb des Kupfercylinders ein poröses Thongefäss (Diaphragma), stellt in dasselbe das Zink und füllt dieses Diaphragma mit verdünnter Schwefelsäure, verbindet sodann die beiden Pole mittels eines Schliessungsbogens, so wird der Strom um Vieles länger ungeschwächt fortwirken und endlich nur infolge des Materialverbrauches, aber nicht durch einen Polarisationsstrom geschwächt werden. Wohl findet auch hier durch den Strom eine Zersetzung sowohl der verdünnten Schwefelsäure, als auch der Kupfervitriollösung statt, aber die Zersetzungsproducte sind derart, dass sie sich wieder zu Wasser vereinigen und sich nicht in Form von Gasblasen an den Stromgebern niederschlagen. Das Wasser der verdünnten Schwefelsäure wird in seine Bestandtheile zerlegt; der Sauerstoff geht nach dem Vorigen zum Zink, oxydirt dasselbe und die Schwefelsäure löst das Zink zu Zinksulfat. Der Wasserstoff trifft auf seinem Wege zum Kupfer die Kupfervitriollösung reducirt aus ihr metallisches Kupfer, welches sich an der Kupferplatte ausscheidet und tritt an dessen Stelle in die Verbindung ein, wodurch verdünnte Schwefelsäure entsteht. Wohl wird die Schwefelsäure, welche das Zink umgiebt, in Zinksulfatlösung, die Kupfersulfatlösung, die das Kupfer umgiebt, nach und nach in verdünnte Schwefelsäure umgewandelt, allein ohne chemischen Vorgang kann eben

keine Kette einen Strom liefern. Derlei Elemente mit zwei Flüssigkeiten heissen constante, weil sie durch lange Zeit, selbst durch einen Monat, einen ganz gleichen ungeschwächten Strom liefern, wofern man nur für Ersatz des verbrauchten Materials, hauptsächlich des Kupfersulfates sorgt.

2. Der Leitungswiderstand und das Ohm'sche Gesetz.

Verbindet man in der vorher angegebenen Weise mehrere constante Elemente nach einander und schaltet in den Schliessungsbogen derselben ein Galvanometer mittels eines kurzen Leitungsdrahtes ein, so kann man einen bestimmten Ausschlag der Magnetnadel notiren. Verlängert man bei sonst gleich bleibender Anordnung den Zuleitungsdraht um ein Bedeutendes oder schaltet man den menschlichen Körper in den Stromeskreis ein, so wird die Nadelablenkung sich vermindern. Die Stromstärke ist somit durch Einschaltung eines langen Drahtes oder des menschlichen Körpers vermindert worden, gerade so, wie die Menge des in der Zeiteinheit durch einen bestimmten Querschnitt fliessenden Wassers durch Widerstände, die es auf seinem Laufe zu überwinden hat, vermindert wird.

Verbindet man die Pole eines frisch gefüllten inconstanten Elementes, das aus zwei plattenförmigen Elektromotoren besteht, mittels eines kurzen Drahtes mit einem Galvanometer, notirt die Nadelablenkung und bringt die beiden Platten in der Flüssigkeit einander näher, so wird der Nadelausschlag zunehmen, was eine Vergrösserung der Stromstärke anzeigt, die nur infolge

der Abnahme des Widerstandes im Elemente durch die Annäherung der Platten erklärlich ist, da die elektromotorische Kraft hiebei nicht verändert wurde.

Der galvanische Strom hat demnach nicht blos Widerstände im Schliessungsbogen (ausserwesentlicher Widerstand), sondern auch in der Kette (wesentlicher Widerstand) zu überwinden.

Der deutsche Physiker Ohm hat diesen Bezug zuerst in präciser Weise in dem nach ihm benannten Gesetze formulirt, wonach die Stromstärke der elektromotorischen Kraft gerade, dem Widerstande verkehrt proportional ist und der Widerstand, ganz abgesehen von der materiellen Beschaffenheit verschiedener Körper (specifischer Widerstand) bei einem und demselben Stoffe zur Länge desselben im geraden, zum Querschnitte hingegen im verkehrten Verhältnisse steht.

Nennt man die Stromstärke S, die elektromotorische Kraft E und den Widerstand W, so lautet das Ohm'sche Gesetz: $S = \frac{E}{W}$. Da aber der Widerstand dem oben Gesagten zufolge sich aus zwei Grössen zusammensetzt, nämlich dem inneren Widerstande (Wi) und dem (ausserwesentlichen) äusseren (Wa), so ist:

$$S = \frac{E}{Wi + Wa}.$$

Bei Anwendung der Elektricität in der Heilkunde werden aber bald geringe, bald grosse Widerstände in den Stromeskreis eingeschaltet, aus welchem Grunde die Auswahl und Verbindung der Elemente für verschiedene Zwecke in verschiedener Weise durchzuführen sein wird.

In welcher Art dies in den einzelnen Fällen zu geschehen hat, lehrt das Ohm'sche Gesetz, das für jeden gegebenen Fall der mathematischen Behandlung unterzogen werden kann, da für die Begriffe elektromotorische Kraft, Widerstand und Stromstärke theils willkürliche, theils absolute Einheiten aufgestellt worden sind.

Ist beispielsweise die elektromotorische Kraft eines Elementes = 20, der innere Widerstand = 10, so beträgt die Stromstärke dieses Elementes, so lange der äussere Widerstand = 0 gesetzt werden kann,

$$S = \frac{20}{10} = 2;$$

würde aber der äussere Widerstand beispielsweise 1000 sein, so ist die Stromstärke dieses Elementes

$$= \frac{20}{10 + 1000} = 0{\cdot}0198.$$

Verbindet man in der früher angegebenen Weise 2 solche Elemente ungleichnamig oder nach einander zur Kette, so ist ihre elektromotorische Kraft und der innere Widerstand nun doppelt so gross, während der äussere unverändert bleibt.

Somit

$$S_2 = \frac{40}{1020} = 0{\cdot}0393$$

Bei 3 in derselben Weise verbundenen Elementen ist

$$S_3 = \frac{60}{1030} = 0{\cdot}0582$$

Bei 4 Elementen $S_4 = \frac{80}{1040} = 0{\cdot}0769$

Bei 10 Elementen $S_{10} = \frac{200}{1100} = 0{\cdot}1818$

Bei 20 Elementen $S_{20} = \frac{400}{1200} = 0{\cdot}3333$

Bei 50 Elementen $S_{50} = \frac{1000}{1500} = 0{\cdot}6666$

Bei 100 Elementen $S_{100} = \frac{2000}{2000} = 1{\cdot}0000.$

Fig. 1.

Will man also die Stromstärke bei erheblichem äusseren Widerstande vergrössern, so muss man viele Elemente in der angegebenen Weise vereinigen, wie Fig. 1 zeigt. Es nimmt dann die Stromstärke proportional der elelektromotorischen Kraft zu, da der innere Widerstand dem grossen äusseren gegenüber vernachlässigt werden kann und die Formel

$$S = \frac{E}{Wi + Wa}$$

übergeht in diesem Falle in $S = \frac{E}{Wa}$

und für n Elemente

$$Sn = \frac{nE}{Wa} = nS$$

denn es ist die Stromstärke zweier Elemente 1·9, somit fast doppelt so gross, als die eines Elementes, die Stromstärke dreier Elemente 2·9, die von vier Elementen 3·8 und die von zehn Elementen 9·8mal so gross als die eines einzigen Elementes etc.

Ist hingegen der äussere Widerstand gering, beispielsweise nur 10, so ist die Stromstärke eines Elementes

$$S_1 = \frac{20}{20} = 1.$$

Die Stromstärke zweier Elemente $S_2 = 1{\cdot}3$.

Die Stromstärke von drei Elementen $S_3 = 1{\cdot}5$.

Weiters $S_4 = 1{\cdot}6$.

$S_{10} = 1{\cdot}8$.

Ferners die Stromstärke von tausend und jeder beliebigen Anzahl von Elementen nur 1·9.

Während man also bei grossem äusseren Widerstande die Stromstärke schon durch zwei Elemente beinahe verdoppeln konnte, gelingt dies bei gleicher Anordnung bei geringem äusseren Widerstande nicht einmal mit einer Million von Elementen, was sich übrigens schon aus der Formel

$$S = \frac{E}{Wi + Wa}$$

ergiebt, wenn der äussere Widerstand gegen den inneren sehr klein ist und vernachlässigt werden kann, wo dann diese Formel in $S = \frac{E}{Wi}$ übergeht, denn dann ist die Stromstärke von n Elementen

$$Sn = \frac{nE}{n\,Wi} = \frac{E}{Wi}$$

also so gross, wie die eines Elementes, was aus dem Vorhergesagten zur Genüge erhellt.

Vergrössert man jedoch die Oberfläche der Elektromotoren auf das Doppelte, so sinkt der innere Widerstand auf die Hälfte, weil der Querschnitt des flüssigen Zwischenleiters jetzt doppelt so gross wird und nach

dem Ohm'schen Gesetze der Widerstand dem Querschnitte verkehrt proportionirt ist.

In diesem Falle wäre also $S_1 = \frac{20}{15} = 1{\cdot}3$ und die Stromstärke von zehn solchen Elementen wäre schon 3·3. Vergrössert man die Oberfläche der Platte auf das Fünffache, so ist der innere Widerstand nur $^1/_5$, somit nur 2 und die Stromstärke eines solchen Elementes = 1·6 und von zehn solchen Elementen 6·6.

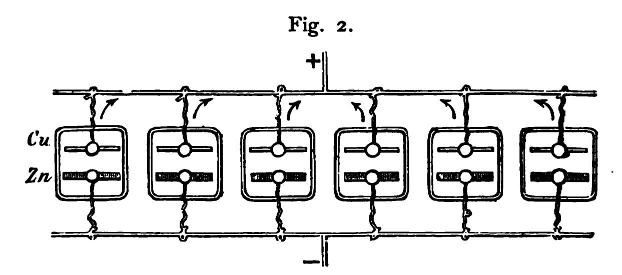
Ist also der äussere Widerstand gering, so muss man Elemente mit geringem inneren Widerstande, somit grossplattige Elemente wählen, um die Stromstärke vergrössern zu können. Dies würde aber bei einem grossen äusseren Widerstande nichts nützen; denn ist die Stromstärke eines Elementes bei einem ausserwesentlichen Widerstande von 1000 = 0·0198, so ist die eines doppelt so grossen Elementes = 0·0199, und die eines zehnmal so grossen Elementes auch nur 0·0199.

Während also bei geringem äusseren Widerstande die Stromstärke eines zehnmal so grossen Elementes fast doppelt so gross wird, beträgt die Zunahme der Stromstärke eines solchen Elementes bei grossem äusseren Widerstande nur $\frac{1}{10000}$.

Verbindet man zwei Elemente gleichnamig (nebeneinander), d. h. Zink mit Zink und Kupfer mit Kupfer, so ist das Resultat dasselbe, als hätte man ein Element mit doppelt so grossen Platten. Es lassen sich also bei geringem äusseren Widerstande die Stromstärken durch Schaltung der Elemente nebeneinander, wie Fig. 2 zeigt dem früher Gesagten zufolge, vergrössern.

Man kann somit entweder alle Elemente hintereinander, oder alle Elemente nebeneinander schalten, oder Gruppen von Elementen bilden, die man entweder vorerst nebeneinander und hernach hintereinander schaltet, oder umgekehrt. Auf diese Weise erhält man verschiedene Combinationen und kann mit denselben Elementen die Stromstärke, sowohl bei grossen als auch bei kleinen äusseren Widerständen, durch einfache Schaltung verstärken.

Fig. 2.



Wie man hiebei vorzugehen hat, um aus einer gegebenen Anzahl von Elementen bei bekanntem äusseren und inneren Widerstande die günstigste Combination zu erhalten, ergiebt eine einfache Regel (Zech: Die Physik in der Elektrotherapie). Man dividire den äusseren Widerstand durch den inneren, multiplicire diesen Quotienten mit der Elementzahl und ziehe aus diesem Producte die Quadratwurzel

$$\left(\sqrt{n\,\frac{Wa}{Wi}}\right)$$

Die erhaltene Wurzel (auf ganze Zahlen, durch welche die Elementzahl theilbar sein soll, reducirt), giebt die Anzahl von Gruppen nebeneinander geschalteter Elemente

an, die nun nacheinander zu schalten sind. Ist die erhaltene Wurzel keine ganze Zahl oder keine Zahl durch welche die Elementzahl theilbar wäre, so muss sie entsprechend corrigirt werden. Erhält man ein Resultat, welches die Elementzahl übertrifft, so müssen sämmtliche Elemente nacheinander geschaltet werden.

Wären beispielsweise fünfundzwanzig der vorigen Elemente mit einem inneren Widerstande von 10 vorhanden, und der äussere Widerstand würde das eine Mal 10, das andere Mal 1000 betragen, so erhält man im ersten Falle

$$x = \sqrt{25 \frac{10}{10}} = 5,$$

d. h. es ist für diesen Fall das Vortheilhafteste fünf Gruppen, von je fünf nebeneinander geschalteten Elementen zu bilden und diese Gruppen sodann nacheinander zu schalten; im zweiten Falle wäre

$$x, = \sqrt{25 \frac{1000}{10}} = 50,$$

d. h. alle Elemente müssen nacheinander geschaltet werden.

Diese so durchsichtigen Beziehungen zwischen elektromotorischer Kraft, Widerstand und Stromstärke, wie sie das Ohm'sche Gesetz ausdrückt, wurden in der elektrotherapeutischen Literatur vielfach irrig aufgefasst und behandelt. Die zweifache Wirkung der Elemente und Batterien, je nachdem sie einen grösseren oder geringeren Widerstand zu überwinden haben, wurde nämlich als differente, der Elektricitätsquelle inhärirende Eigenschaft angesehen und wurden zweierlei elektrische Ströme, nämlich Intensitäts- und Quantitätsströme unterschieden

Die elektrische Intensität wurde hiebei der elektrischen Quantität gegenübergestellt, analog den gleichen Beziehungen bei der Wärme (Temperatur und Wärmemenge). Eine Stütze dürfte diese Auffassung erhalten haben durch die Thatsache, dass wenige grossplattige Elemente einen Platindraht weissglühend machen, während ihre Wirkung bei Application an den menschlichen Körper kaum wahrgenommen wird, dagegen viele kleine Elemente selbst mit grossem inneren Widerstande an den Körper applicirt, lebhafte Reactionen herbeiführen, dagegen nicht im Stande sind, auch nur den feinsten Platindraht erglühen zu machen oder einen Inductions-Apparat in Gang setzen zu können etc., (also grosse Quantität bei wenig Elementen, verbunden mit geringer Intensität, im Gegensatze zu geringer Quantität bei vielen kleinen Elementen, verbunden mit grosser Intensität, analog der Wirkung der Wärme, wo in einem Cm.^{3} von 100^0 C. jedenfalls eine geringere Wärmemenge (Quantität) vorhanden ist, als in einem Mtr.^{3} Wasser von 20^0 C., obgleich das letztere kaum lauwarm empfunden wird, wogegen das erste verbrühend wirkt).

Dem entsprechend wurden Intensitäts- und Quantitätsbatterien unterschieden, sowie andererseits Combinationsbatterien für beide »Stromesarten«; zumeist waren dies Tauchbatterien mit grossen Platten, welche bei geringem Eintauchen in die Flüssigkeit »Intensitätsströme«, beim tieferen Einsenken dagegen »Quantitätsströme« gaben. Aus diesem Grunde wurde auch auf diese Verhältnisse etwas näher eingegangen. Die Bezeichnung der Schaltung der Elemente nacheinander, ungleichnamig, oder auf Spannung (Intensität) und andererseits nebeneinander,

gleichnamig oder auf Quantität, hängt mit diesen Anschauungen zusammen und stehen diese Ausdrucksweisen noch alle im Gebrauche.

Obgleich man durch Schaltungen die Batterie für die Ueberwindung geringer, sowie auch grosser Widerstände geeignet machen kann, ist es doch nicht empfehlenswerth, etwa für alle Zwecke des Arztes eine einzige Batterie zu wählen; würde dieselbe aus kleinen Elementen mit grossem inneren Widerstande bestehen, so wären deren wohl mehrere Hundert nöthig, um einen Platindraht für Zwecke der Galvanokaustik oder der Elektroendoskopie weissglühend zu machen. Wählt man grossplattige Elemente, so muss man deren viele haben, um den grossen Widerstand der Haut zu überwinden und wirken dieselben dann fast immer infolge ihrer chemischen Thätigkeit zerstörend auf die Haut. Aus diesem Grunde werden für die grossen und geringen äusseren Widerstände verschiedene, entsprechend zusammengestellte Batterien zu verwenden sein.

3. Stromdichte und Theilung des Stromes.

Ist der Schliessungsbogen eines Elementes oder einer Batterie ein regelmässiger Körper, beispielsweise ein cylindrischer, gleichmässiger Draht, so wird die Stromstärke an jedem Punkte der ganzen Leitung gleich sein. Denken wir uns den galvanischen Strom in Stromfäden zerlegt, so wird durch jeden Querschnitt die gleiche Anzahl Stromfäden verlaufen. Dies führt uns zum Begriff der Stromdichte, das ist der in der Zeiteinheit durch die Querschnittseinheit fliessenden Elektricitätsmenge.

Würde der Leiter an einer Stelle einen kleineren, an einer anderen Stelle einen grösseren Querschnitt haben, so müssten die Stromfäden im ersten Falle näher aneinander rücken, die Stromdichte würde somit hier grösser werden, im zweiten Falle aber weiter auseinander weichen, auf die Querschnittseinheit würden weniger Stromfäden kommen, und die Stromdichte würde hier eine geringere sein.

Ist der Schliessungsbogen somit ein unregelmässiger Körper, so wird sich der Strom an der Eintrittsstelle in Stromfäden auflösen, die gegen die Austrittsstelle hin sich wieder vereinigen. Die von der Stromdichte an jedem Punkte der Bahn abhängige Stromstärke wird wohl an der Ein- und Austrittsstelle aber nicht in jedem Querschnitte eines unregelmässigen Leiters gleich gross sein, zumal wenn die Bahnen der einzelnen Stromesfäden verschiedene Widerstände besitzen, da die Stromdichte dem Querschnitte und dem Leitungswiderstande verkehrt proportionirt ist.

Um die Stromesverzweigung in einem unregelmässigen Körper in einfacher Weise betrachten zu können, wählen wir statt eines einfachen cylindrischen Schliessungsbogens, deren mehrere von gleichem Querschnitte. Wäre beispielsweise der ausserwesentliche Widerstand einer Batterie von 100 hintereinander geschalteten Elementen (mit der elektromotorischen Kraft 20 und einem inneren Widerstande von 10) gleich 4000 Widerstandseinheiten, so ist die Stromstärke

$$S = \frac{nE}{Wa} = \frac{2000}{4000} = \frac{1}{2}.$$

Schaltet man nun in dieselbe Stromesquelle eine Nebenschliessung von gleichem Widerstande (4000) ein, so hat der Strom jetzt zwei Wege, wodurch sich vorerst die Stromstärke ändert, die nunmehr grösser wird. Denn sind die beiden Schliessungsbögen gleich lange und gleich dicke Drähte, von je 4000 Längen- und einer Querschnittseinheit, so geben sie zusammen einen Schliessungsbogen von 4000 Längen- und 2 Querschnittseinheiten; da aber der Widerstand bei gleicher Länge dem Querschnitte umgekehrt proportionirt ist, so machen diese beiden Drähte zusammen einen nur halb so grossen Widerstand aus als jeder einzelne von ihnen, nämlich statt 4000 blos 2000 und die Stromstärke

$$S' = \frac{2000}{2000} = 1;$$

diese doppelt so grosse Stromstärke fliesst aber durch beide Drähte und vertheilt sich im umgekehrten Verhältnisse der Widerstände auf beide Zweigbahnen, und da die Widerstände hier gleich sind, so wird auf jede Leitung die Hälfte dieser vergrösserten Stromstärke entfallen, also $S = \frac{1}{2}$ sein, gerade wie früher, da keine Zweigleitung eingeschaltet war.

Wird somit bei grossem äusseren Widerstande ein gleich grosser oder noch grösserer äusserer Widerstand als Nebenschliessung eingeschaltet, so alterirt dies die Stromstärke der Kette oder Säule in keiner Weise und durch den ersten Körper fliesst nach der Einschaltung der Zweigleitung eben so viel Elektricität als zuvor. Dies hat praktische Bedeutung für die Anwendung der Elektricität in der Heilkunde. Berührt z. B. der Arzt bei

der Application des Stromes an die unverletzte Körperoberfläche die Metalltheile der Stromesableitung mit seinen Händen und schaltet so seinen eigenen Körper als Nebenschliessung ein, so alterirt dies dem Gesagten zufolge nicht die durch den Körper des Patienten fliessende Stromstärke.

Demzufolge ist es auch möglich, mit einer und derselben Batterie mehrere Kranke auf einmal zu elektrisiren, was in manchen Spitälern durchgeführt wird, wie z. B. im Londoner Nationalspital für Paralytische und Epileptische, wo eine grosse Batterie im Centrum des Gebäudes aufgestellt ist und von da Leitungsdrähte nach allen Krankensälen führen. Allerdings wird, entsprechend der grösseren Stromesausnützung auch eine entsprechend vermehrte Abnützung der Elemente, namentlich ein vermehrter Zinkverbrauch stattfinden, was aber bei Verwerthung mehrerer Batterien ebenfalls stattfinden würde, wogegen man bei Verwendung nur einer Batterie mindestens an Raum erspart.

Schaltet sich dagegen der Arzt in die Hauptschliessung ein, so zwar, dass er beispielsweise die Kathode dem Kranken in die Hand giebt, die Anode selbst in die eine Hand nimmt und mit der befeuchteten anderen Hand den Körper des zu Elektrisirenden berührt (sogenannte e l e k t r i s c h e H a n d), so wird der doppelte Widerstand in die Hauptleitung eingeschaltet und die Stromstärke sinkt auf die Hälfte.

Ist jedoch der Widerstand in der Nebenschliessung kleiner, so sinkt die Stromstärke dem entsprechend in der Hauptschliessung, da dem Strome in der Nebenschliessung ein kürzerer Weg, somit geringerer Wider-

stand geboten ist; wäre der Widerstand in der Nebenschliessung nur halb so gross, wie jener in der Hauptschliessung, so würde durch letzteren nur die Hälfte der früheren Stromstärke gehen; ist der Widerstand in der Nebenschliessung gegen die Hauptschliessung hingegen Null, so wird so gut wie gar kein Strom durch die Hauptschliessung gehen.

Darauf beruht die Anwendung von Rheostaten, die später des Näheren besprochen werden sollen.

Im Folgenden wird die Nothwendigkeit, die in der Heilkunde verwendeten, oder verwendbaren Stromstärken in elektrischen Masseinheiten anzugeben, somit dieselben gleichsam zu dosiren, erörtert werden. Diese Angaben werden aber nur dann vergleichbare Resultate liefern, wenn zugleich auf die Stromdichte Rücksicht genommen wird; denn es ist dem Gesagten zufolge nicht gleichgiltig, ob der Strom durch ein Polende von 1 oder 5 cm^2 in den Körper eintritt; denn bei derselben Stromstärke wird die Stromdichte an der Applicationsstelle im ersten Falle fünfmal so gross sein, als im letzteren, und in diesem somit nur der fünfte Theil der Stromstärke auf denselben Querschnitt wirken, als im ersteren Falle.

Aus diesem Grunde sind nur Elektroden von bestimmten Querschnitten nach Erb's Vorschlag zu wählen und dieselben einfach nach ihrer Grösse zu bezeichnen.

Werden die beiden Polenden einer galvanischen Säule an die unverletzte Oberfläche des menschlichen Körpers angesetzt, so kommt es zumeist nur auf die Wirkung eines Poles (differenter Pol) an, für welchen eine möglichst kleine Elektrode gewählt wird, während

der andere (indifferente) Pol mit breiter Elektrode armirt werden kann. Der Strom wird indes bei keiner Anordnung nur in einer geraden Linie durch den Körper von dem einen Endpole zum anderen verlaufen, sondern schon unmittelbar unter der Applicationsstelle sich in Stromeszweige theilen, die erst gegen die Austrittsstelle des Stromes sich wieder vereinigen. Trotzdem ist der Arzt in der Lage, die Wirkung der Elektricität selbst auf ein tiefer gelegenes Organ zu localisiren, weil die Widerstände im Körper erstlich sehr gross und zweitens von einander nicht sehr verschieden sind. Es wird somit fast jeder Stromesfaden, so lange er denselben Widerstand findet, die anfänglich gleiche Stromstärke bewahren und wird somit dem Gesagten zufolge, bei nahezu gleichen Widerständen die grösste Menge von Stromfäden in der geraden Verbindungslinie verlaufen. Treffen die Stromfäden aber auf Organe von geringerem Widerstande, so wird daselbst auch deren Wirkung eine bedeutendere sein. Die entsprechende Application der Elektroden wird somit in jedem einzelnen Falle die Einwirkung der Elektricität auf bestimmte Körpergebiete zu beschränken, gestatten.

4. Elektrische Masse.

Um die Begriffe elektromotorische Kraft, Widerstand und Stromstärke, wie es bei der Besprechung des Ohm'schen Gesetzes geschah, der Berechnung unterziehen zu können, müssen diese Grössen gemessen werden, wozu in erster Linie Masseinheiten nöthig sind. Derlei Masseinheiten wurden von verschiedener Seite nach

verschiedenen Principien aufgestellt. Im Gebrauche sind theils die auf Principien der Mechanik basirten absoluten, theils willkürlich gewählte, sogenannte praktische Einheiten.

Die älteste willkürliche Einheit für den Widerstand ist die von Jacobi (1848), die ursprünglich durch den Widerstand eines Kupferdrahtes von 1 m Länge und 1 mm^2 Querschnitt ausgedrückt wurde. Da es sich aber später zeigte, dass verschiedene Kupferdrähte gleicher Länge und gleichen Querschnittes ganz verschiedene Widerstände boten, hat Jacobi einen bestimmten Kupferdraht als Einheit angenommen und diesen Etalon an verschiedene Physiker geschickt, damit sie sich von demselben Copien nehmen könnten. Im Verlaufe der Zeit zeigte es sich indes, dass weder der Normaletalon, mit den Copien, noch diese untereinander übereinstimmten, weil durch moleculare Aenderungen im Kupferdrahte nach einer gewissen Zeit auch dessen Leitungsfähigkeit, somit auch sein Widerstand sich ändert. Aus diesem Grunde hat Siemens 1849 eine künstliche Widerstandseinheit (S.E.) angegeben, bei welcher Quecksilber verwendet wird, die wegen der leichten Beschaffung chemisch reinen Quecksilbers in bestimmten Abmessungen seiner Dimensionen entsprechend der Temperatur jederzeit auch ohne einen Normaletalon hergestellt werden kann. Die Siemens-Einheit wird durch den Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 m Länge und 1 mm^2 Querschnitt bestimmt und ist dermalen noch die praktisch allgemein verbreitete.

Nach absolutem Masse wird die Widerstandseinheit durch absolute Stromstärkebestimmung eines durch den

Erdmagnetismus hervorgebrachten Stromes nach dem Ohm'schen Gesetze bestimmt. Weber und Kohlrausch haben zuerst absolute Widerstandseinheiten hergestellt.

Durch die Beschlüsse des internationalen Congresses der Elektriker in Paris im Herbste 1881 wurde die absolute Widerstandseinheit mit Ohm bezeichnet. Ein Ohm ist etwas kleiner als eine S. E.; es beträgt nämlich 1·0615 S. E. (somit eine S. E. = 0·9421 Ohm).

Zur Bestimmung der Stromstärke wählt man entweder die chemische oder die magnetische Wirkung des Stromes. Die chemische Wirkung des Stromes lässt sich als Mass der Stromstärke verwerthen, weil nach Faraday die durch verschiedene Ströme in derselben Zeit zersetzten Mengen eines Elektrolytes den Stromstärken proportional und die Zersetzungsproducte verschiedener Substanzen durch denselben Strom einander chemisch aequivalent sind.

So wurde z. B. jene Stromstärke als Einheit angenommen, welche bei der Einheit des Widerstandes in der Zeiteinheit (einer Minute) ein cm^3 Knallgas liefert oder ein mg Silber oder ein mg Kupfer niederschlägt.

Die magnetischen Eigenschaften eines Stromes lassen sich auch zur Grundlage der Stromstärkebestimmung wählen, da die Stromstärken den Tangenten der Ablenkungswinkel der Tangentenboussole proportional sind.

Nach absolutem elektromagnetischen Masse gilt derjenige Strom als Stromstärkeeinheit, welcher die Flächeneinheit umkreisend, auf eine Magnetnadel so wirkt, wie ein Magnet vom Momente eins, dessen Axe auf der Ebene des Kreisstromes senkrecht steht.

Die Stromstärkeeinheit nach absolutem Masse heisst Ampère, d. i. jener Strom, den ein Volt in einem Ohm hervorbringt, und der in einer Minute 0·00554 g Wasser zersetzt und 0·0660 g Silber oder 0·01990 g Kupfer niederschlägt.

Für die elektromotorische Kraft nimmt man entweder jene einer bekannten Stromesquelle, z. B. eines Daniell-Elementes als Einheit an, oder man berechnet nach dem Ohm'schen Gesetze die elektromotorische Kraft aus der Einheit der Stromstärke und der Einheit des Widerstandes.

Die absolute Einheit der elektromotorischen Kraft heisst Volt und beträgt 0·893 Daniell (wonach 1 Daniell = 1·12 Volt ist).

Um nun mit Hilfe dieser Einheiten gegebene Stromstärken, Widerstände und elektromotorische Kräfte zu messen, giebt es vielerlei Methoden, von denen je eine als Beispiel angeführt werden soll.

Um z. B. Widerstände zu bestimmen, schalte man zuerst den zu messenden Widerstand sammt einer Boussole in einen Stromkreis ein und notire die Ablenkung der Nadel; dann schalte man den zu messenden Widerstand aus und bringe an seiner Stelle so viele abgemessene veränderliche Widerstände (Rheostat), bis die Nadel wieder die frühere Ablenkung erhält. Die eingeschalteten veränderlichen Widerstände geben den gesuchten Widerstand. Ist derselbe nach irgend einer Masseinheit bestimmt, so lässt sich seine Grösse leicht auf jede andere Masseinheit umrechnen.

Zur Bestimmung der elektromotorischen Kraft schaltet man in die Stromesquelle eine Boussole und einen Rheostaten ein und stellt letzteren vorderhand auf

Null, bestimmt die Ablenkung der Magnetnadel, woraus sich auch die Stromstärke S in chemischem Masse, wie sofort angegeben werden soll, leicht berechnen lässt; sodann schaltet man einen bestimmten Widerstand W' ein und bestimmt abermals aus der Ablenkung der Magnetnadel die Stromstärke S'. Für den ersten Fall gilt nun $S = \frac{E}{W}$ und für den zweiten Fall $S' = \frac{E}{W + W'}$, woraus sich die Formel

$$E = \frac{S\,S'\,W'}{S - S'}$$

ergiebt.

Die Stromstärke kann man entweder nach dem Ohm'schen Gesetze aus dem Widerstande und der elektromotorischen Kraft berechnen oder auch direct nach magnetischem oder chemischem Masse bestimmen.

Um aus der Ablenkung einer Magnetnadel (Tangentenboussole) sofort das Mass in absoluten Einheiten berechnen zu können, schalte man in einen und denselben (zu messenden) Stromkreis ein Voltameter und eine Tangenten-Boussole ein, so giebt das in der Minute entwickelte Knallgasvolum, auf den Barometerstand von 760 mm reducirt, die Stromstärke in chemischem Masse an; dividirt man die erhaltene Anzahl cm^3 Knallgas durch die Tangente des Ablenkungswinkels, der zugleich an der Tangentenboussole abgelesen wird, so erhält man eine Constante, welche man den Reductionsfactor des Instrumentes nennt und welche für dasselbe das Verhältnis zwischen der Knallgasmenge und der Tangente des Ablenkungswinkels eines und desselben Stromes darstellt. Multiplicirt man in der Folge die Tangente

eines Ablenkungswinkels mit diesem constanten Reductionsfactor, so erhält man die Angabe der Stromstärke in chemischen Einheiten.

Auf alle diese Verhältnisse konnte hier nur flüchtig eingegangen werden und muss diesbezüglich auf den VIII. und X. Bd. dieser Bibliothek verwiesen werden.

Im Allgemeinen sind die magnetischen Massbestimmungen den chemischen vorzuziehen, weil sie augenblicklich, letztere aber erst nach einiger Zeit ausgeführt werden können, und ausserdem nur eine Durchschnittsgrösse anzeigen.

Von verschiedenen Seiten wurde das Voltameter zum ärztlichen Gebrauche vorgeschlagen, und zwar nicht nur, um Ströme zu messen, sondern sogar um jedes einzelne Element zu prüfen. (Zech, die Physik in der Elektrotherapie.) Dies ist jedoch viel zu umständlich und vom praktischen Arzte schon aus Zeitmangel absolut undurchführbar. Für letztere Zwecke genügt ein einfaches Galvanoskop.

Um aber Stromstärken zu messen, die Elektricität gleichsam wie jedes andere therapeutische Agens zu dosiren, wird für den Arzt selbst die Handhabung einer Tangenten- oder Sinusboussole zu unbequem und umständlich sein und derselbe wird ein, nach absoluten Einheiten graduirtes Galvanometer verwenden, dessen Nadelablenkung direct, ohne jede Berechnung, die Stromstärken in Milli-Webern oder in Milli-Ampères ausdrückt.

Ein Milli-Ampère gleichwie ein Milli-Weber entspricht etwa einem Strome von 3 Daniell-Elementen, in deren Stromeskreis der menschliche Körper eingeschaltet ist, wobei der Widerstand des letzteren bei Anwendung

wohl durchfeuchteter Elektroden gleich 3000 S. E. gerechnet wird. Ein Milli-Ampère ist nämlich $\frac{1 \text{ Volt}}{1000 \text{ Ohm}}$ und ein Milli-Weber ist $= \frac{1 \text{ Daniell}}{1000 \text{ S. E.}}$, und da 1 Volt nicht um viel von 1 Daniell, 1 Ohm nicht bedeutend von 1 S. E. verschieden sind, ist auch der Unterschied von 1 Milli-Weber und Milli-Ampère nicht so erheblich. Ein Strom von 15 Daniellelementen würde somit 5 Milli-Ampères oder -Webern entsprechen und ein Strom von 60 Daniellelementen = 20 Milli-Ampères oder -Webern sein.

Der Widerstand des menschlichen Körpers wurde von verschiedenen Autoren verschieden angegeben; die meist übereinstimmenden Angaben variiren zwischen 2000 und 4000 S. E. Das gilt von Hand zu Hand; die Leitungsfähigkeit der einzelnen Gewebe ist verschieden und hängt zumeist von deren Flüssigkeitsgehalt ab. Augapfel und Muskeln leiten besser als Nerven und Sehnen. Die trockene Epidermis für sich ergiebt einen fünfzigmal grösseren Widerstand als der ganze Körper. — Der Widerstand der Epidermis wird bedeutend vermindert durch Befeuchtung derselben mit lauwarmem Wasser oder einer Kochsalzlösung. Nach beiden Massystemen giebt es Galvanometer, für ärztliche Zwecke, die das einfache Ablesen der Stromstärke gestatten.

5. Physiologische Wirkungen der Elektricität.

Die physiologischen Wirkungen der Elektricität bestehen in Erregung des Nerven- und Muskelsystems und

in der hiedurch bewirkten Beeinflussung der vitalen Functionen des Organismus. Erregbare Gebilde werden durch Einwirkung der Elektricität einerseits zur Auslösung eines adäquaten Reizes angeregt, andererseits auch die Erregbarkeit derselben gesteigert. So bewirkt die elektrische Reizung eines motorischen Nervs Zuckung des von ihm versorgten Muskels und die Erregung der sensiblen Nerven Gefühlswahrnehmungen bis zu Schmerzempfindungen. Die Sinnesorgane reagiren auf die elektrische Reizung durch ihre specifischen Energien, die vasomotorischen, secretorischen und trophischen Nerven verursachen während der elektrischen Reizung Aenderungen in den Circulations-, Secretions- und Ernährungsvorgängen.

Es ist kaum ein Gebiet der Physiologie so exact studirt, wie das der Elektrophysiologie, die uns eine grosse Fülle der interessantesten Thatsachen vermittelt welche für manche diagnostische und therapeutische Massnahmen als Basis verwerthet werden können. Am besten studirt ist der Einfluss der Elektricität auf motorische Nerven, und zwar sowohl von Physiologen an isolirten Nerven, als auch von Klinikern an den unverletzten Nerven des gesunden und erkrankten menschlichen Organismus.

Ehe indes auf die Resultate dieser unter so verschiedenen Verhältnissen ausgeführten Untersuchungen, sowie auf deren diagnostisch-therapeutische Verwerthung, wenn auch nur flüchtig eingegangen wird, ist das Gesetz Dubois Reymond's vorauszuschicken, wonach nicht so sehr die Intensität des den Nerven durchfliessend constanten Stromes, als vielmehr die Dichtigkeitsschwa

kungen desselben erregend wirken, und die Erregung desto stärker ist, je plötzlicher die Dichtigkeitsschwankung erfolgt; doch hält sie auch während der Dauer des Stromes an.

Wird ein **motorischer Nerv** von einem intermittirenden Strome gereizt, so erfolgt in dem zugehörigen Muskel eine mehr oder weniger rasche Aufeinanderfolge von Zuckungen, die bei raschen Intermissionen ineinander fliessen und einen Starrkrampf (Tetanus) der zugehörigen Muskeln bedingen, bei minder raschen Intermissionen aber Wechselkrämpfe (klonische Krämpfe) herbeiführen.

Bei Verwendung des constanten galvanischen Stromes hingegen lassen sich an motorischen Nerven erstlich die von der Einwirkung der Pole abhängige erregende Wirkung (das Zuckungsgesetz) und andererseits die durch die Wirkung der Elektricität herbeigeführte Erregbarkeitsänderung (elektrotonisirende Wirkung) unterscheiden. Beide Wirkungen der Elektricität wurden zuerst von Pflüger studirt und lassen sich in Folgendem zusammenfassen:

Der dem Einflusse der Elektricität ausgesetzte Nerv erleidet eine Veränderung seines Molecularzustandes, Elektrotonus genannt. Der galvanische Strom zerlegt hiebei den Nerv in zwei Abschnitte, deren einer im Bereiche der Kathode (Katelektrotonus) sich im Zustande gesteigerter, und der andere im Bereiche der Anode (Anelektrotonus) sich im Zustande verminderter Erregbarkeit befindet. Diese Veränderungen machen sich sowohl

auf der intrapolaren, als auf der extrapolaren Strecke geltend. Ferner wirkt blos das Entstehen oder die Zunahme des Katelektrotonus, sowie das Verschwinden oder die Abnahme des Anelektrotonus erregend und zwar ersteres stärker als letzteres.

Näher präcisirt ist diese Wirkungsart der Elektricität bei Berücksichtigung der differenten Polwirkungen in folgenden Punkten:

1. Die Reizwirkung des galvanischen Stromes findet nur an den Polen statt und geht nur von diesen aus.

2. Bei der Schliessung findet die Erregung nur an der Kathode *(Ka.)*, bei der Oeffnung nur an der Anode *(An.)* statt.

3. Ist die Reizwirkung der *Ka.* stärker, als die der *An.*

4. Ist das centrale Stück eines motorischen Nerven erregbarer, als das periphere, und

5. treten bei sehr starken Strömen an beiden Polen Widerstände für die Fortleitung der Erregung auf, welche mit der Stromstärke und Dauer des Stromes zunehmen.

Pflüger nennt die Stromesrichtung bei centraler Application der *Ka.* und peripherer Application der *An.* aufsteigend (↗) und die umgekehrte absteigend (↙). Bezeichnet I schwache, II mittelstarke und III starke Ströme, und ist ferner *Sch.* = Schliessung, *Oe.* = Oeffnung, *D* = Dauer, *Z* = Zuckung, *Te* = Testanus, *R* = Ruhe, so lautet das Pflüger'sche Gesetz:

Strom	aufsteigend (↗).	absteigend (↙)
I.	Sch. Z. — Oe. R.	Sch. z. — Oe. R.
II.	Sch. Z. — Oe. Z.	Sch. Z, — Oe. z.
III.	Sch. R. — Oe. Z.	Sch. Z.-Te. — Oe. R.

I ergiebt sich aus 3, weil bei schwachen Strömen nur die Kathodenwirkung auftritt, und aus 4, wonach ↑ *Sch Z* rascher und prompter auftritt, als ↓ *Sch z* weil im ersten Falle die *Ka.* dem centralen Nervenstamme näher gelagert ist.

Auch II erklärt sich aus 3.

Bei III findet 5 Geltung, weil wegen der bei starken Strömen auftretenden Widerstände die ↑ *Sch.*— und ↓ *Oe.*— Reaction nicht mehr fortgeleitet werden können.

Untersucht man einen absterbenden motorischen Nerven mit schwachen Strömen, so findet man im Verlaufe der einzelnen Stadien des Absterbens ganz dieselbe Zuckungsformel, wie sie das Pflüger'sche Zuckungsgesetz angiebt.

Es ist somit bei diesen Gesetzen nicht die Stromesrichtung, sondern nur die Polwirkung von Belang und lassen sich auch alle Erscheinungen auf reine Polwirkungen zurückführen.

Auch auf den lebenden Organismus angewendet, bewährt sich dieses Gesetz, wonach die Schliessungszuckung vornehmlich eine *Ka.*-Reaction, und die Oeffnungszuckung eine *An.*-Reaction ist und die erstere sich immer stärker erweist, als die letztere.

Dass viele Forscher zu widersprechenden Resultaten gelangten, beruht nur darauf, dass beim Lebenden die Nerven in Verbindung mit den Weichtheilen und nicht ausserhalb des Körpers isolirt zur Untersuchung gelangen und dass ferner bei der percutanen Polapplication der Strom an einer Stelle in den Nerv eintritt, infolge der Stromesverzweigung jedoch bald aus demselben wieder austritt und so selbst bei entfernter Application

beispielsweise der *Ka.*, an der Austrittsstelle aus dem Nerven dennoch eine virtuelle *Ka.* zur Geltung und Wirkung kömmt.

Zuerst wurde diese polare Methode in exacter Weise von Brenner durchgeführt und in neuester Zeit wies Erb nach, dass *mutatis mutandis* das polare Zuckungsgesetz für alle erregbaren Gebilde des menschlichen Organismus Geltung habe. Da aber einzelne Nerven der Oberfläche näher liegen, andere mehr in der Tiefe aufgesucht werden müssen, wird man bald rein unipolare Wirkungen, bald aber diese gemischt mit Reactionen des virtuellen zweiten Poles erhalten und die Zuckungsformel an den einzelnen Körperstellen, verändert erscheinen. Demgemäss wurde für die verschiedensten Nerven- und Muskelpartien (die Muskeln folgen ebenfalls dem Zuckungsgesetze, nur verlaufen ihre Reactionen träger und langsamer) die entsprechenden Zuckungsformeln conform den verwendeten Stromstärken festgestellt, um bei pathologischen Veränderungen sogleich sichere Aufschlüsse über die betreffenden Störungen selbst dort zu erlangen, wo auf beiden Seiten symmetrische Störungen vorkommen und wo der Vergleich der einen Seite mit der andern, der sonst angestellt wird, nicht möglich ist.

Ein stärkerer Reiz, als einfache Oeffnung und Schliessung, ist die Wendung des Stromes mittels eines Commutators (Volta'sche Alternativen = *V. A.* genannt), weil hiebei die Dichtigkeitsschwankung doppelt so gross ist, als bei einfacher Oeffnung und Schliessung. Nach längerem Stromesschlusse zeigt sich der motorische Nerv für *V. A.* sehr empfänglich und reagirt auf Oeffnung des gleichgerichteten und Schliessung des entgegengesetzt

gerichteten Stromes sehr stark, was sich aus der Summirung der Reizwirkungen der *An.*- und *Ka.*-Reaction, nämlich dem Schwinden des Anelektrotonus und dem Entstehen des Katelektrotonus erklären lässt; denn auch die Gesetze des Elektrotonus sind am lebenden Menschen nachgewiesen worden.

Bei länger andauernder Wirkung übt der galvanische Strom auf die durchflossenen Gebilde einen lähmenden Einfluss aus und hebt die Leitungsfähigkeit der Nerven für gewisse Reize auf. Wird z. B. ein starker galvanischer Strom durch einen Nerv geleitet, dessen Muskel sich im Zustande des Starrkrampfes befindet, so hört dieser Krampf während der Durchleitung des galvanischen Stromes auf. Diese krampfstillende Wirkung des galvanischen Stromes wird vielfach therapeutisch angewendet.

Ein etwas verschiedenes Bild der Reaction ergiebt die elektrische Reizung der des Nerveneinflusses beraubten Muskeln; denn während die Nerven nicht nur in der intrapolaren, sondern auch in der extrapolaren Strecke erregbar sind und die Erregung fortleiten, ist der Muskel (bei Ausschluss des Nerveneinflusses) nur in der intrapolaren Strecke erregbar.

Die Reizbarkeit eines **Muskels** durch Erregung seines motorischen Nerven heisst Motricität. Die Reaction auf directe Reizung der Muskelsubstanz wird elektromusculäre Contractilität, und das bei der Contraction auftretende Muskelgefühl elektromusculäre Sensibilität genannt. Die directe Muskelreizung

verläuft noch träger, als die indirecte (vom Nerven aus) und erweist sich hier weniger die Dichtigkeitsschwankung, als vielmehr die Stromstärke und Applicationsdauer wirksam, aus welchem Grunde der zwar mit grossen Dichtigkeitsschwankungen verlaufende, aber kurz dauernde Inductionsstrom keine erhebliche directe Muskelcontraction hervorzurufen vermag.

Durch Untersuchungen an Gesunden sind die eben erwähnten Normalreactionen der verschiedenen oberflächlichen Muskelpartien des menschlichen Körpers in ein Schema zusammengestellt worden, aus welchem ersichtlich ist, in welchem Verhältnisse die elektromusculäre Contractilität und Sensibilität schon an Gesunden wegen der verschiedenen anatomischen Verhältnisse von einander abweichen. In krankhaften Veränderungen findet man bei der Untersuchung auf elektromusculäre Contractilität und Sensibilität Abweichungen vom Schema des Normalzustandes, nämlich entweder erhebliche Steigerung oder Verminderung der einen oder der andern unabhängig von einander oder beider zugleich, was ein sehr wichtiges diagnostisches Hilfsmittel ergiebt, besonders bei Lähmungen der zugehörigen Nerven, wo bei Application der Elektricität directe Muskelreaction auftritt.

Der elektrisch gereizte Muskel zeigt eine Temperaturerhöhung und Volumszunahme; diese Wärmezunahme jedoch ist keine directe Wirkung der Elektricität, sondern hängt nur von der Muskelcontraction ab; denn reizt man mittels des galvanischen Stromes eine Muskelpartie, ohne dass sie zur Contraction kömmt, so tritt kein Temperaturerhöhung im Muskel ein; dagegen nimmt dieselbe im Verhältnisse zur Dauer und Intensität d

Contractionen gleichmässig zu und sinkt nach dem Aufhören der Reizung ebenfalls gleichmässig.

In einem ermüdeten, reactionsunfähigen Muskel kann durch Einwirkung des galvanischen Stromes die Erregbarkeit wieder hergestellt und das durch Muskelanstrengung verursachte Gefühl der Ermüdung vollständig beseitigt werden, was Heidenhain die erfrischende Wirkung des galvanischen Stromes genannt hat; diese erfrischende Wirkung beruht auch auf elektrotonischen Erscheinungen.

Wie schon erwähnt, bewirkt die Elektricität nicht nur eine Erregung der Nerven und Muskeln, sondern auch Veränderungen der Erregbarkeit selbst. Eine Reihe von Erregbarkeitsveränderungen lernten wir bereits als elektrotonische Erscheinungen kennen, aber abgesehen von diesen finden wir noch anderweitige Steigerungen und Abnahmen der Erregbarkeit durch die elektrische Reizung bedingt. So tritt z. B. Zunahme der Erregbarkeit immer ein, wenn nicht zu grosse und nicht zu schnelle Dichtigkeitsschwankungen der Elektricität angewendet werden; bei raschen Intermissionen und grossen Stromstärken hingegen tritt eine Verminderung der Erregbarkeit ein. Indessen finden wir auch andere Momente, welche eine Verminderung der Erregbarkeit bedingen und können durch den Nachweis der letzteren auf die ersteren zurückschliessen; so finden wir die Erregbarkeit der von ihren nervösen Centralorganen getrennten Nervenpartien rasch abnehmend, desgleichen bei Unterbrechung des Blutumlaufes stark vermindert, welches Resultat übrigens auch noch vielerlei anderweitige Störungen, wie z. B. Erschütterung, Zerrung, Druck, zu hohe und

zu niedere Temperaturen, sowie bedeutende Ernährungsstörungen herbeiführen.

Die Empfindungsnerven reagiren auf die elektrische Reizung mit einer specifischen Empfindung, welche vom leichten Kitzeln und Prickeln bis zum stechenden oder brennenden Schmerz übergehen kann. An den sensiblen Nerven hat man übrigens auch noch vielfach die Wahrnehmung gemacht, dass dieselben nicht nur auf Stromesöffnungen und Schliessungen, sondern auch auf die Stromesdauer reagiren, dass sie also auch während der Durchströmung selbst seitens constanter Elektricität, sowohl an ihren Endigungen als auch im Verlaufe des Nervenzweiges oder Stammes gereizt werden. Dabei zeigt es sich, dass die Empfindung von der Stromesintensität und der Steilheit der Abgleichungscurve abhängt; dem entsprechend wird der Inductionsstrom einen bedeutenderen Reiz für sensible Nerven abgeben, als der constante, dessen Einwirkung indes durch *V. A.* ganz erheblich gesteigert werden kann. Starke Reizung vermindert auch die Erregbarkeit sensibler Nerven. Uebrigens hängt die Erregung sensibler Nerven ausser von den angegebenen Verhältnissen auch noch von der Art der Application der Elektricität mittels feuchter oder trockener Elektroden ab. Bei Anwendung trockener Elektroden steigert sie sich bis zum unerträglichen Schmerz, während die Reizwirkung bei Anwendung wohldurchfeuchteter Elektroden eine bedeutend geringere ist.

Man durchfeuchtet dabei die mit Schwammkappen oder Flanell und Leinwand überzogenen unoxydirbaren

Polenden am vortheilhaftesten mit lauwarmem Wasser. Nur in seltenen Fällen soll man eine Kochsalzlösung verwenden, weil infolge der Zersetzung derselben durch die chemische Wirkung des Stromes an der Körperoberfläche die Zersetzungsproducte die Haut reizen würden; das Pflüger'sche Zuckungsgesetz gilt genauen Untersuchungen zufolge auch für alle sensiblen Nerven als allgemeine Reactionsnorm und ist der Unterschied in der differenten Wirkung beider Pole hier so erheblich, dass derselbe sogar zur Unterscheidung derselben benützt wird.

Verwendet man die beiden Pole mit trockenen Elektroden, beispielsweise mit Metallpinseln, so tritt bei schon mässigem Strome am negativen Pole ein heftig stechender Schmerz ein, während der positive Pol kaum empfunden wird; allein auch bei Anwendung wohldurchfeuchteter Elektroden kann man sowohl bei constantem als auch beim Inductionsstrome die *An.* und *Ka.* unterscheiden, indem der Reizeffect an der letzteren, besonders beim Stromesschluss bedeutend intensiver ist, als an der *An.*

Indes lassen sich auch die chemischen Wirkungen der Elektricität vielfach zur Unterscheidung der Pole verwenden. Bringt man beispielsweise beide Poldrähte an die Zunge, so empfindet man an der *Ka.* einen saueren, an der *An.* einen laugenhaften Geschmack. Dasselbe tritt auf, wenn man die durchfeuchteten Elektroden an den Backen, oder die eine an eine indifferente, entfernte Körperstelle, die andere dagegen an die Wange applicirt. Ein daselbst auftretender sauerer oder laugenhafter Geschmack wird über den betreffenden Pol Aufschluss geben.

Auch sichtbar kann man übrigens den Unterschied der Pole machen, wenn man die Metallenden der Poldrähte auf ein befeuchtetes Jodkalium-Stärkekleisterpapier aufsetzt, wobei an der *An.* ein blauer Flecken infolge der daselbst durch das ausgeschiedene Jod gefärbten Stärke auftritt.

Taucht man die blanken Poldrähte in Salzwasser, so wird das massenhaftere Auftreten von Wasserstoffblasen die *Ka.* bezeichnen. Uebrigens kann man zu gleichem Zwecke ein jedes Galvanoskop oder Galvanometer verwenden.

Die Sinnesorgane reagiren auf elektrische Reizung mit ihren specifischen Energien: Das Auge mit Licht- und Farbenwahrnehmungen, das Ohr mit Gehörs- und der Geschmacksnerv mit Geschmacksempfindungen. Setzt man z. B. den einen Pol auf ein geschlossenes Auge, den anderen im Nacken an, so unterscheidet man nach Neftel ausser Schwankungen im intraoculären Drucke noch Licht- und Farbenerscheinungen wie folgt:

1. *Ka. Sch.:* Blitz, gelbgrüne Kreisscheibe mit gelbem peripheren Ringe.

2. *Ka. D.:* Die Farben combiniren sich von der Peripherie her und werden undeutlich.

3. *Ka. Oe.:* Blitz und blaue Kreisscheibe mit violetter Peripherie.

4. *An. Sch.:* Blitz mit hellblauer Kreisscheibe und violetter Peripherie.

5. *An. D.:* Die Farben werden durch Combination undeutlich.

6. *An. Oe.:* Blitz und gelbgrüne Kreisscheibe mit gelblicher Peripherie.

Für die Reaction der gesunden Gehörsnerven hat Brenner eine Normalformel aufgestellt, die zu diagnostischen Zwecken verwerthet wird. Wird der eine Pol in den mit lauem Wasser gefüllten Gehörgang eingetragen, der andere in die Hand genommen oder an eine indifferente Körperstelle applicirt, so treten der Reihenfolge nach auf:

1. *Ka. Sch. Kl.* (d. h. ein bestimmter accentuirter Klang).
2. *Ka. D. Kl.* > (d. h. der wahrgenommene Ton klingt allmählich ab).
3. *Ka. Oe. R.* (d. h. keine Gehörssensation).
4. *An. Sch. R.*
5. *Ka. D. R.*
6. *An. Oe. kl.* (d. h. ein schwacher und kurzer Klang).

Diese Gehörssensationen werden noch von Schmerz, Schwindel, Husten, Contraction der Gesichtsmuskeln, Licht- und Geschmacksempfindungen, sowie von Schluckbewegungen begleitet.

Bei Anwendung des Inductionsstromes werden nur Geräusche nebst schmerzhaften Nebenwirkungen wahrgenommen, die jede reine Beobachtung stören.

Auch die Geschmacksnerven reagiren in der bereits angegebenen Weise durch sauere oder laugenhafte Empfindungen auf die Pole, was von den Einen lediglich auf die chemische Einwirkung der Elektricität, von Anderen aber auf Reizungen der Geschmacksnerven zurückgeführt wird.

Auf Reizung der Nasenschleimhaut will Ritter einen ammoniakalischen Geruch nebst Schleimabsonderung wahrgenommen haben.

Was die elektrische Beeinflussung der **nervösen Centralorgane** anbelangt, so glaubte man früher, dass dieselben, durch starke Knochenumhüllungen geschützt, der elektrischen Reizung unzugänglich seien, was aber durch Erb und Ziemssen vollkommen widerlegt wurde.

Das Gehirn erwies sich hauptsächlich durch den galvanischen Strom erregbar, besonders bei querer Durchleitung der Elektricität, bei Application der Elektroden an die Schläfen oder an die Warzenfortsätze, oder aber an Stirne und Nacken. Hierbei treten sowohl objective als auch subjective Reizerscheinungen auf. Die ersteren manifestiren sich bei der zweiten Applicationsart der Pole hauptsächlich als Schwindel und eigenthümliche Augenbewegungen. Objectiv äussert sich der Schwindel darin, dass der Körper bei Kettenschluss nach der Seite der *An.*, bei Kettenöffnung nach der Seite der *Ka.* hin schwankt. Uebrigens wird diese Schwankung auch empfunden, und zwar überwiegt die Empfindung die factische Bewegung und dauert andererseits, besonders bei Anwendung starker Ströme, der Schwindel auch während der Dauer des Kettenschlusses fort, verbunden mit Scheinrotationen der umgebenden Gegenstände, die an der *An.*-Seite aufzusteigen und an der *Ka.*-Seite zu versinken scheinen. Was die Augenbewegungen anbelangt, so finden dieselben ruckweise von der *An.*-Seite gegen die *Ka.*-Seite statt.

Ausser diesen objectiven Erscheinungen treten noch Betäubung, Schläfrigkeit, Ohnmacht, Convulsionen, Uebelkeit und Erbrechen je nach der Stromesintensität auf.

Elektrische Reizung des verlängerten und Rückenmarkes hat eine tetanische Contraction sämmtlicher Rumpf- und Extremitätenmuskel zur Folge.

Reizung des verlängerten Markes hemmt die Bewegungen des Herzens, erschlafft und erweitert dasselbe.

Reizung des Rückenmarkes in der oberen Partie der Brustwirbelsäule bewirkt Pupillenerweiterung, wogegen Reizung desselben im Gebiete der Lendenwirbelsäule Contraction der Harnleiter und des Mastdarmes bewirkt.

Erregung des ganzen Rückenmarkes bedingt Kitzeln, Prickeln und Sieden in den Fusssohlen, besonders bei Application des intermittirenden Stromes, der sich jedoch auf das Gehirn fast wirkungslos erweist.

Elektrische, zumal galvanische Reizung des Halstheiles des **Sympathicus** beeinflusst den Puls und die Circulationsverhältnisse des Blutes in der Netzhaut (Blutfüllung der Netzhautgefässe), bewirkt ferner durch Beeinflussung der vasomotorischen Kopfnerven Schläfrigkeit und Schwindel, regt die Ohrspeicheldrüse zu vermehrter Secretion an, verursacht ein Gefühl von Wärme durch den ganzen Körper und setzt den arteriellen Blutdruck und die Pulsfrequenz herab.

Was die elektrische Erregung der **inneren Organe** der Brust- und Bauchhöhle anbelangt, so erfolgt die

Reizung aller aus quergestreiften Muskeln bestehenden, den bisher besprochenen Gesetzen entsprechend, wogegen die glatte Muskeln enthaltenden die Erregung auch über die extrapolare Strecke nach beiden Richtungen, der Länge und Quere hin, fortleiten und so Bewegungen ausführen, welche den physiologischen Functionen der betreffenden Organe entsprechen, wie z. B. peristaltische Bewegungen des Magens und Darmes, Zusammenziehungen der Harnleiter, der Blase, der Samenstränge, des Gallenganges, nebst Entleerung derselben. Diese Erregungen sind intensiver bei faradischer als bei galvanischer Reizung und überdauern selbst die Kettenöffnung.

Faradische Reizung der Milz bewirkt Verkleinerung derselben; galvanische Ströme, vom Nacken zum Rücken geleitet, lösen Hustenbewegungen aus und die Herzthätigkeit wird durch Reizung des Vagus beschränkt, durch Sympathicus-Reizung beschleunigt. Die Blut- und Lymphgefässe werden durch schwache Ströme zuerst verengert und dann erweitert, durch starke Ströme hingegen sofort erweitert.

In derselben Weise reagirt auch die **Haut** auf elektrische Reizung, indem vorerst eine vorübergehende Blässe und hernach Blutfülle an den Applicationsstellen der Pole auftritt. Erregung mittels starker Inductionsströme ruft sofortige Blutfülle hervor, welche sich bis zur Bildung von Bläschen, Quaddeln und Schorfen st- gern kann. Gleichzeitig tritt Zusammenziehung Hautmuskeln unter Bildung von Gänsehaut auf. I

rent äussert sich die Wirkung beider Pole. An der Applicationsstelle der *Ka.* findet intensivere Schmerzempfindung statt und ist der Reizungszustand daselbst kürzer, der Lähmungszustand hingegen länger andauernd als an der *An.* Hier tritt anfangs eine Depression auf, der dann Blutfülle mit Bildung kleiner, körniger Erhabenheiten folgt, wonach später reichliche Abschuppung eintritt, während an der *Ka.* eine Verdickung der Haut und Quaddelbildung stattfindet.

Applicirt man jedoch die beiden Pole mittels blanker Metallelektroden, so äussern sich an den Applicationsstellen die chemischen Wirkungen der Elektricität (eigentlich fast ausschliesslich des galvanischen Stromes). An der *An.* entsteht eine mit sauer reagirender Flüssigkeit gefüllte Quaddel und die Metallelektrode erweist sich daselbst oxydirt. An der *Ka.* dagegen bildet sich ein mit alkalisch reagirender Flüssigkeit prall erfülltes Bläschen, das sich nach Entfernung der Pole in einen braunen Schorf umwandelt, der unter Zurücklassung einer Narbe abfällt, wobei die Oberfläche der Metallelektrode blank bleibt. Bei lang andauernder Application der Pole mittels blanker Metallelektroden bildet sich an der *Ka.* ein grauer, weicher, an der *An.* hingegen ein harter Schorf.

Schleimhäute werden vom inducirten Strome zur vermehrten Schleimabsonderung bei gleichzeitiger Empfindung eines unangenehmen Prickelns und Stechens angeregt, durch den galvanischen Strom hingegen, besonders bei Anwendung grösserer Stromstärken infolge der chemischen Einwirkung zerstört.

Was die **Flimmer-Epithelien** anbelangt, wird deren Bewegung durch den galvanischen Strom erhöht und durch den faradischen vermindert.

Das **Blut** wird durch den galvanischen Strom an beiden Polen zum Gerinnen gebracht, sobald derselbe mit grosser Stromstärke angewendet wird. Ueberdies findet elektrochemische Zersetzung des Blutes statt und scheiden sich hiebei nach Heidenreich Eiweiss, Faserstoff, Fett, Säuren, Chlor etc. an der *An.*, die Extractivstoffe, die alkalischen und erdigen Basen, das Eisen und die Farbstoffe an der *Ka.* ab.

Auch reine **Eiweisslösungen** werden durch die chemischen Wirkungen der Elektricität zum Gerinnen gebracht, selbst in solchen Verdünnungen, in denen dies durch kein anderes Verfahren herbeigeführt werden kann. In thierischen Geweben findet bei Anwendung grösserer Stromstärken an der *An.* ein Consolidirungsprocess, dagegen an der *Ka.* ein Fluidisirungsprocess statt.

Das **Protoplasma** (Blut-, Lymph- und Speichelkörperchen) wird in seinen vitalen Functionen von der Elektricität mächtig beeinflusst. Bei mittelstarken galvanischen oder faradischen Strömen nehmen diese Gebilde die Kugelform an, ihre Kerne gerathen bei grossen Stromstärken in moleculare Bewegung und bei weiterer Steigerung der Stromstärke bersten die Zellen und sterben ab.

Ausser den Wirkungen der Elektricität auf die ein zelnen Organe und Gewebe des menschlichen Körpers lassen sich indessen noch Beeinflussungen physiologischer Vorgänge des Gesammtorganismus **nach-**

weisen; so wird z. B. durch Anwendung schwacher Ströme Neigung zum Schlafe herbeigeführt und wurde diese Methode schon vielfach bei Schlaflosigkeit mit gutem Erfolge verwendet.

Eine weitere functionelle Beeinflussung äussert sich in der Beförderung der Menstruation, selbst bei Elektrisation des Kopfes, Nackens oder Oberarmes, welcher Umstand einerseits therapeutisch verwerthet wird, andererseits die Anwendung der Elektricität zu gewissen Zeiten zu beschränken lehrt.

In hohem Grade wirken oft ganz schwache Ströme schmerzstillend und ist es möglich, selbst in Fällen, wo die Ursache des Schmerzes nicht behoben werden kann, eine Verminderung und Beschwichtigung desselben durch Elektricität herbeizuführen. Einige gingen in dieser Beziehung zu weit und wollten die Elektricität sogar als schmerzstillendes Mittel zu kleineren Operationen verwenden, worauf die Bezeichnungen »elektrische Anästhesirungen« und »Volta-Narcotismus« hinweisen.

Jedenfalls reichen diese physiologischen Daten nicht aus, um sämmtliche Einwirkungen der Elektricität auf den Organismus zu erklären. Wir finden so oft Wirkungen der Elektricität an Körperstellen auftretend, die von der Applicationsstelle so weit entfernt sind, dass man nicht annehmen kann, dass sie auch nur von einzelnen Stromschleifen getroffen worden wären. In solchen Fällen sucht man die Fortleitung der Erregung durch Nervenbahnen, indirecte Einwirkungen, reflectorische Erscheinungen etc. anzunehmen; jedenfalls treten aber selbst

bei mittleren Stromstärken ausser den erregenden und modificirenden Wirkungen der Elektricität noch mechanische, nämlich Ueberführung von Flüssigkeiten von der *An.* zur *Ka.* und chemische, nämlich elektrolytische Wirkungen auf, die sich mit den erregenden und modificirenden vielfach combiniren und Resultate liefern, für die nicht so leicht eine directe physiologische Basis sich hypostasiren lässt.

Die eben erwähnten mechanischen (kataphorischen) Wirkungen der Elektricität wurden vielfach zur Einführung von Medicamenten in den Körper verwerthet. — Anregung dazu gaben die Versuche von Becquerel, Davy, Fabré-Palaprat, Bruns u. A. Alle hier Genannten haben bewiesen, dass eine Jodkaliumlösung sich mittels der kataphorischen Wirkungen der Elektricität durch die unverletzte Haut in den menschlichen Organismus einführen lässt, und Munk hat diesbezüglich eingehende Studien gemacht und eine Methode angegeben, die mit voller Sicherheit Arzneistoffe mittels Elektricität durch die unverletzte Körperhaut in den menschlichen Organismus einzuführen ermöglicht.

Die betreffenden medicamentösen Stoffe werden gelöst, in zwei (später zu beschreibende) unpolarisirbare Elektroden gefüllt, welche mit Thonpfröpfen, die durch Anreiben des Thones mit der medicamentösen Substanz herzustellen sind, verschlossen, applicirt werden, wo dann bei Anwendung mässig starker Ströme (grossplattiger Elemente) *V. A.* auszuführen sind. Hiedurch gelingt es bei Kaninchen Strychnin bis zum Auftreten der to Erscheinungen durch die unverletzte Haut einz

Mit grösster Vorsicht angestellte Versuche am Menschen haben dargethan, dass sich Jod und Chinin auf diese Weise in den Organismus einführen und hernach im Speichel und Harn nachweisen lässt. Allerdings ist die eingeführte Menge nicht sehr bedeutend und wird man sich auf Stoffe beschränken müssen, welche schon in geringen Mengen wirken, und wird man nicht, wie die ersten Experimentatoren glaubten und nachzuweisen suchten, diese Substanzen etwa gar durch den ganzen Körper oder selbst auch nur durch einen Körpertheil hindurchleiten können, sondern es wird der medicamentöse Stoff im Gegentheil nicht sehr tief eindringen, da er ja bald auf Gefässbahnen trifft, von denen er aufgenommen und weiter geleitet wird. Aus diesem Grunde werden auch nicht locale, sondern nur allgemeine Wirkungen des Medicamentes zu erwarten sein.

Die kataphorischen Wirkungen der Elektricität werden übrigens auch zur Entfernung von Flüssigkeiten und Exsudaten aus dem Organismus verwerthet und in dieser Hinsicht als aufsaugende Wirkungen der Elektricität bezeichnet.

Remak hat die meisten der erwähnten Wirkungen unter dem gemeinschaftlichen Namen der katalytischen Wirkungen der Elektricität zusammengefasst und rechnet hierzu (Erb, Elektro-Therapie I, S. 132): Die von dem elektrischen Strome bewirkte Erweiterung der Blut- und Lymphgefässe, die dadurch erleichterte Blut- und Säftecirculation und gesteigerte Resorption, ferner eine gesteigerte Imbibitionsfähigkeit der Gewebe und erhöhte osmotische Vorgänge, ferner die durch Erregung oder Beruhigung der

Nerven in diesen selbst oder in den von ihnen beherrschten Theilen herbeigeführten Aenderungen des Stoffwechsels und der Ernährung, ferner die durch elektrochemische Vorgänge bewirkte Aenderung der moleculären Anordnung der Gewebe, ihrer Erregungsfähigkeit und Ernährungsthätigkeit und endlich die Folgen und Wirkungen des mechanischen Transportes von Flüssigkeiten von einem Pole zum andern.

---

6. Principien der Verwerthung der Elektricität als diagnostisches, prognostisches und therapeutisches Hilfsmittel.

Die soeben erörterten physiologischen Wirkungen der Elektricität sollten ein, wenn auch nur flüchtig skizzirtes Bild der Einwirkung dieses Agens auf den normalen (gesunden) menschlichen Organismus vermitteln. Abweichungen von diesen Normalwirkungen werden als wichtige und entscheidende diagnostische Hilfsmittel verwendet, während die willkürlich bewusste Hervorrufung dieser Wirkungen ein heutzutage in vielen Krankheitsfällen absolut nicht zu entbehrendes therapeutisches Hilfsmittel bildet.

Die elektrodiagnostische Untersuchung geschieht nach der polaren Methode Brenner's, wonach die indifferente Elektrode an eine eben solche Körperstelle, z. B. Brustbein, Kniescheibe etc., die differente Elektrode hingegen an den zu untersuchenden Nerven oder Muskel möglichst genau applicirt wird. Die hie-

bei nöthigen Oeffnungen und Schliessungen des Stromes werden im metallenen Theile der Leitung (Stromwender) vorgenommen, die Elektroden wohl durchfeuchtet verwendet und jede erhaltene Reaction mit der entsprechenden der symmetrischen anderen Körperhälfte verglichen. Sollte dies wegen beiderseitiger Störungen nicht möglich sein, so hat man dem Gesagten zufolge in der Vergleichung mit der Reaction anderer intacter Nerven und Muskeln ein Mittel, um die Qualität und Quantität der Reaction der erkrankten Gebilde beurtheilen zu können. Diese Untersuchungen werden ferners mit beiden Elektricitätsarten vorgenommen; mittels des galvanischen Stromes wird hauptsächlich die gesteigerte oder die gesunkene Erregbarkeit der motorischen Nerven und zugehörigen Muskeln ermittelt, während die Untersuchung mit dem Inductionsstrome vorzugsweise über verschiedene Muskelaffectionen sowie über Sensibilitätsstörungen Aufschluss geben wird. Dabei findet man die Nerven- und Muskelreactionen entweder normal, gesteigert oder herabgesetzt, bis erloschen, somit quantitativ und ausserdem noch qualitativ verändert.

Als erhöht wird jene Reaction anzusprechen sein, welche bei schon ganz geringer Reizung die im Normalen erst bei grösseren Stromstärken auftretenden Erregungen darbietet; das umgekehrte Verhältnis gilt als Verminderung der Reaction.

Die elektrocutane Sensibilität giebt uns Aufschluss über die Reaction der Hautnerven auf faradische Reizung. (Vermindert ist sie beispielsweise bei Lähmungen infolge von Rückenmarkserkrankungen, erloschen bei hysterischen Lähmungen, bedeutend gesteigert beim Veitstanz).

Die elektromusculäre Sensibilität finden wir auch in derselben Weise alterirt. (Erhöht ist sie bei Hysterie und im Heilungsstadium traumatischer Lähmungen, vollständig erloschen bei tabes dorsualis).

Die Prüfung der directen und indirecten faradischen oder galvanischen Contractilität der Muskeln ergiebt ebenfalls sehr wichtige Aufschlüsse. (So sind z. B. bei normaler farado- und galvanomusculärer Contractilität sowohl die Muskelsubstanz als auch die intramusculären Endigungen der motorischen Nerven unverändert; ist die faradomusculäre Contractilität erloschen, die galvanomusculäre dagegen erhalten, so ist hiedurch erwiesen, dass die Nervenendigungen erkrankt sind, die Muskelsubstanz aber nicht gelitten hat).

Die elektromusculäre Contractilität giebt besonders werthvolle Aufschlüsse über den Grad der Erkrankung einzelner Partien grösserer Muskelgruppen bei Lähmungen.

Ausser der directen faradomusculären Erregbarkeit wird auch die faradische Reflexerregbarkeit diagnostisch verwerthet, wobei Contractionen entfernter Muskelgruppen, selbst auf der entgegengesetzten Körperhälfte auftreten (diplegische Zuckungen). (Sie kommen beispielsweise bei Hysterie, gewissen Rückenmarkserkrankungen, manchen Gesichtslähmungen, progressiver Muskelatrophie etc. vor.

Eine Combination qualitativer und quantitativer Reactionsanomalien wird Entartungsreaction genannt. (Bei Lähmungen infolge bedeutender Verletzungen oder Ernährungsstörungen u. s. w. motorischer Nerven reagirt der Nerv im Verlaufe des Heilungsprocesses oft schon auf den Willensimpuls, wogegen er

noch für elektrische Erregung als leitungsunfähig erweist. Die anfangs gesunkene Muskelerregbarkeit steigert sich, und zwar zuerst die galvanische bedeutend, so dass die normale Zuckungsformel oft schon bei den geringsten Stromesintensitäten auftritt; dagegen verlaufen die Zuckungen träge und langsam und werden von rasch auftretendem Muskeltetanus gefolgt).

Von besonders diagnostischer Wichtigkeit sind die Anomalien der Zuckungsformel, sowie die Aenderungen in der Formel für das Auge und Ohr, die gerade so, wie die bisher besprochenen Reactionsänderungen, quantitativ oder qualitativ verändert sein können, und für manche Differentialdiagnose dermalen absolut unentbehrlich sind. (So tritt beispielsweise bei Neuralgien *Ka. Sch. Z.* später als *An. Sch. Z.* auf, desgleichen folgt *An. Oe. Z.* erst nach der *Ka. Oe. Z.* Bei der Tetanie tritt z. B. schon bei geringen Stromesintensitäten *Ka. Sch. Te.*, bei mittelstarken Strömen aber sogar *An. Oe. Te.* auf, was beim gesunden Menschen selbst mit den höchsten Stromesintensitäten nicht erreichbar ist).

Abgesehen hievon, wird jedoch die Elektricität noch anderweitig vielfach als diagnostisches Hilfsmittel verwendet, worüber Näheres in den Capiteln: »Das elektrische Licht in der Heilkunde«, »Das Telephon und Mikrophon in der Heilkunde« und »Elektrische Projectilanzeiger«.

Allein nicht nur für die Diagnose sind derartige Untersuchungen unentbehrlich, sondern sie geben auch oft sehr wichtige prognostische Aufschlüsse. (So ist z. B. bei rheumatischen Gesichtslähmungen die fara-

dische Reaction vermindert oder aufgehoben, die galvanische dagegen oft ausserordentlich gesteigert; ist aber die Gesichtslähmung eine Folge irgend einer Gehirnerkrankung, so erweist sich die elektrische Erregbarkeit gegen beide Stromesarten normal, ja sie ist oft sogar gesteigert, wenn die Lähmung selbst Jahre lang besteht).

Diese wenigen Beispiele genügen, um den Werth der Elektricität für Diagnose und Prognose zu illustriren, ein weiteres Eingehen auf diese Verhältnisse gehört nicht hieher.

Was die Methoden der Elektrisation zu therapeutischen Zwecken anbelangt, so standen ehedem nur die allgemeine Elektrisation und zwar wegen Mangels der betreffenden Kenntnisse im Gebrauche. Heutzutage verwendet der Arzt je nach der Indication sowohl die allgemeine als auch die localisirte Galvanisation, Faradisation und Franklinisation.

Die erstere wurde früher in der Weise geübt, dass der Kranke einfach auf den Isolirschemel gestellt, die eine Hand auf den Conductor der Reibungselektrisirmaschine legte und so mit positiver Elektricität geladen wurde (eine Methode, die übrigens neuerdings von Clemens geübt wird).

Als die Rotationsmaschinen und die Volta-Inductionsapparate bekannt wurden, verfuhr man bei der therapeutischen Benützung der Elektricität in der Weise, dass man den Kranken anwies beide Metallconductoren zu ergreifen und so den Strom beliebige Bahnen durch den Körper nehmen zu lassen.

Der wesentlichste und erfolgreichste Fortschritt in der Elektrotherapie datirt indes erst seit Duchenne du Boulogne's Einführung der localisirten Faradisation. Er bemerkte, dass bei Application trockener Elektroden auf die unverletzte Haut Knistern und Funken nebst Schmerzempfindungen, aber keine Muskelcontractionen nachweisbar waren, dass jedoch beim Anpressen wohl durchfeuchteter Elektroden nebst der Empfindung noch Muskelcontractionen auftraten, und dass er die Wirkung des elektrischen Stromes auf ein ganz bestimmtes und beschränktes Gebiet concentriren konnte. Duchenne hat durch seine Untersuchungen eine sogenannte lebende Anatomie begründet, die unrichtige Auffassung der Function vieler Muskeln rectificirt und zur Stütze seiner Beobachtungen die durch die elektrische Reizung erzielten Muskelcontractionen photographisch aufnehmen lassen; so entstand ein prächtiges Album: »Die Mechanik der menschlichen Physiognomie.«*) Die beistehenden Figuren sind nach Duchenne's Photographien gefertigt und giebt Fig. 3 das durch faradische Reizung der Gesichtsmuskeln hervorgebrachte Minenspiel eines rechts Lachenden und links Weinenden, Fig. 4 das Bild eines sich Entsetzenden und Fig. 5 den Gesichtsausdruck eines Gefolterten.

Der localisirten Faradisation Duchenne's folgte bald die localisirte Galvanisation Remak's, welche zwei Methoden heutzutage in der Elektrotherapie allgemein und vorzugsweise verwendet werden.

---

*) Mécanisme de la physionomie humaine ou analyse électrophysiologique de l'expression de passions, applicable à la pratique des arts plastiques. Album. 72 figures photograph. Paris 1862.

In letzter Zeit wird auch die allgemeine Elektrisation, und zwar sowohl die allgemeine Franklinisation als auch die allgemeine Galvanisation und Faradisation von mehreren Seiten empfohlen und mit Vortheil geübt.

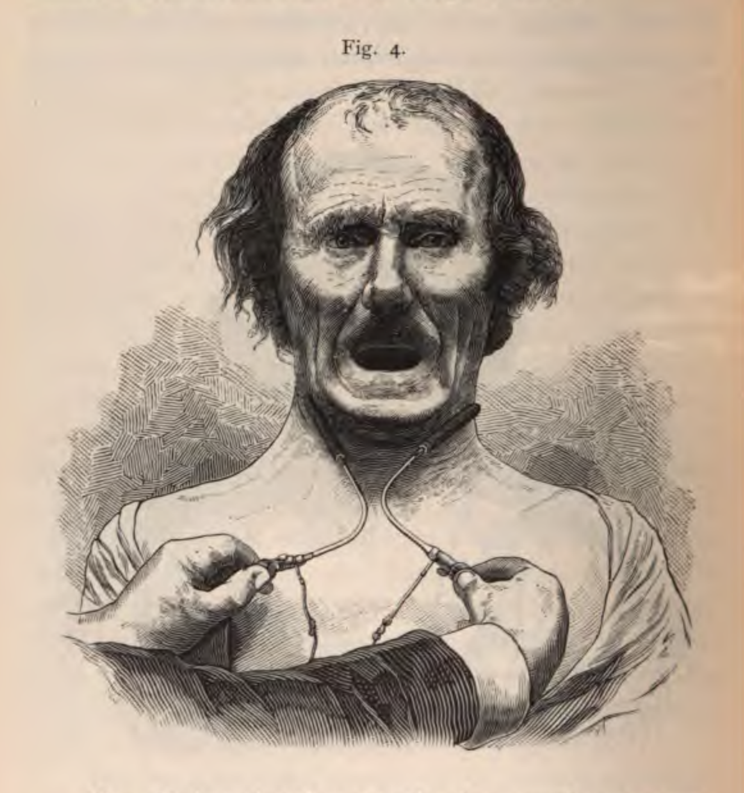
Fig. 3.



Die localisirte Faradisation wird entweder mittels trockener Metallelektroden, als sogenannter elektrischer Nagel, elektrische Pinselung, Geisselung oder elektrische Moxe geübt, theils unter Verwendung wohl durchfeuchteter Elektroden, oder bei sensiblen Individuen (zumal bei der Application der Inductionselek-

tricität im Gesichte) mittels der bereits erwähnten, sogenannten elektrischen Hand vorgenommen.

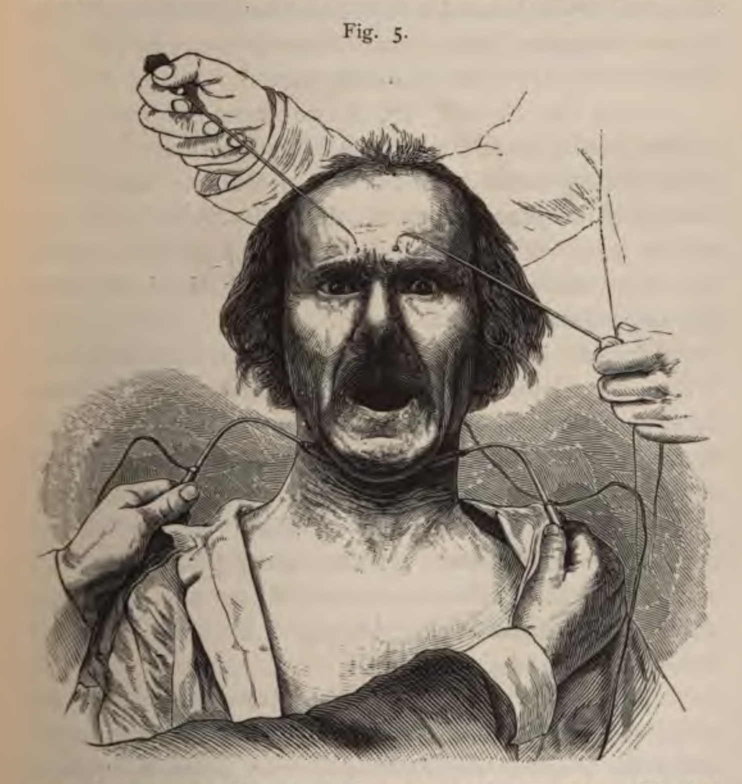
Fig. 4.



Von Galvanisationsmethoden werden vorzugsweise zwei häufig angewendet: nämlich die stabile Applicationsmethode bei ruhenden Elektroden und allmähliger Steigerung und Verminderung der Stromstärke (Ein- und Ausschleichen des Stromes oder schwellende Ströme genannt); oder die labile Applications-

methode, bei welcher der eine Pol über einer bestimmten Körperstelle hin und her verschoben wird, oder wobei man

Fig. 5.



eine bestimmte Körperstelle entsprechend einem Muskel oder Nerv mit der einen Elektrode streicht und nach jedem Strich die Elektrode abhebt. Will man stärkere Reizungen erzielen, so verwendet man *V. A.*

Ausser diesen percutanen Elektrisationsmethoden werden in gewissen Fällen subcutane Methoden geübt,

wozu Gold- oder Platinnadeln benützt werden, wenn es sich um Elektrolyse, Zinknadeln, wenn es sich um chemische Galvanokaustik und verschiedentlich geformte Schneideschlingen, und Brenner, wenn es sich um thermische Galvanokaustik handelt.

Durch die Studien Duchenne's und Ziemssen's ist eine sehr genaue Elektroanatomie begründet worden, indem die sogenannten motorischen Punkte festgestellt wurden, d. h. jene Stellen an der Körperoberfläche, an welche man die differente Elektrode appliciren muss, um einen bestimmten Nervenstamm oder eine bestimmte Muskelpartie zu erregen.

Die Zeit ist noch nicht so ferne, wo man über den Werth der Elektricität als Heilmittel gestritten. Heutzutage aber, wo eine solche Fülle physiologischen und therapeutischen Materiales vorliegt, hat sich die Elektricität in der praktischen Heilkunde ein Bürgerrecht erworben, und wird dieselbe nicht mehr lediglich von Specialisten verwerthet, wie einstens, sondern jeder praktische Arzt muss die Elektricität anwenden, will er nur eine halbwegs schwierige Diagnose einer nervösen Störung beispielsweise mit Sicherheit stellen.

Aber nicht nur das Gebiet aller Arten von Lähmungen, Krämpfen und allen sonstigen nervösen Störungen bildet die Domäne der Elektrotherapie, sondern es giebt vielmehr keinen Zweig der Heilkunde, in dem sie nicht angewendet würde.

Auch die theoretischen Fächer der Anatomie, Physiologie und Experimentalpathologie erfuhren durch die Verwendung der Elektricität segensreiche Förderung.

Das Gebiet der Physiologie und Experimentalpathologie könnte der Elektricität heute ebenso wenig entrathen, als das Gesammtgebiet der praktischen Heikunde.

Selbst zur Constatirung des eingetretenen Todes giebt es kein so sicheres und verlässliches Mittel als dieses Agens.

Es ist indes nicht Aufgabe dieser Schrift, weiter auf diese Verhältnisse einzugehen, sondern ist der eigentliche Zweck derselben, die in der praktischen Heilkunde verwendbaren Apparate und deren Handhabung zu behandeln. Diese Einleitung sollte dem Nichtarzte eine Idee darüber bilden, von welchem Standpunkte aus die Elektricität in der Heilkunde verwendet wird und wozu die einzelnen verschiedenen Apparate gehören.

Ehe ich aber auf das eigentliche Thema übergehe, will ich nur noch zum Schlusse erwähnen, dass ein Agens, welches so vielfältige segensreiche Wirkungen entfaltet, selbstverständlich nicht so indifferent sein kann, dass Jedermann etwa straflos damit Heilversuche anstellen dürfte; es ist leider ein Unfug, dass viele Unberufene, ohne mit den nöthigen Kenntnissen ausgestattet zu sein, vermeinen, die Elektricität ohne weiters auch zu Heilzwecken verwenden zu können. Dem gegenüber sei nur erwähnt, dass die Indicationen für jede Elektricitätsart und jede Applicationsmethode für die Zeit (wann) und die Dauer (wie lange) der Elektrisation, die Stromstärke etc. etc. ganz genau präcisirt sind und dass selbst von sonst berühmten Aerzten Unheil gestiftet werden könnte, wenn sie mit den betreffenden Gesetzen und Erfahrungen nicht vollkommen vertraut, eine elektrische Behandlung unternehmen würden. Ein Beispiel

diene zur Illustration des Gesagten: Zwischen Duchenne de Boulogne und Remak bestand eine längere Controverse über die zu verwendende Elektricitätsart. Duchenne übte ausschliesslich die locale Faradisation, Remak zog in den meisten Fällen die locale Galvanisation vor. Da bewog ein Mechaniker, der eine Batterie für constanten Strom gebaut hatte, Duchenne, einmal auch den galvanischen Strom zu versuchen. Mit den Manipulationen nicht vollständig vertraut, scheint Duchenne den gesammten Strom der Batterie bei einem an einer Gesichtslähmung Erkrankten in Anwendung gezogen zu haben; allein kaum hatte Duchenne den Strom geschlossen, als der Kranke sofort ausrief: Er sehe das Zimmer in Flammen, und — für immer erblindete.

Ja, die Elektricität ist bereits vielfach Todesursache geworden und zwar bei zu grossen Stromstärken oder zu grosser Spannung der Elektricität.

Allbekannt sind die Todesfälle durch Blitzschläge, deren beispielsweise in Italien innerhalb 16 Jahren (1864—1879) 1906 sich ereigneten.

Leider mehren sich auch die Todesfälle infolge unachtsamen Gebarens mit den Leitungsdrähten der elektrischen Beleuchtungseinrichtungen. So wurde z. B. am 23. October 1880 die in England gebaute kaiserlich russische Yacht »Livadia« mittels elektrischen Lichtes (System Jablochkoff) beleuchtet, bei welcher Gelegenheit ein Mensch durch Elektricität getödtet wurde. Eine Lampe sollte im Heizraume niedriger gehängt werden und wurde dem Heizer aufgetragen, dieselbe für einen Augenblick zu halten; unglücklicherweise fasste er die *beiden* Leitungsdrähte an, was den augenblicklichen Tod

desselben zur Folge hatte. Im nächsten Jahre wurde in Hatfield House, dem Herrensitze des Marquis von Salisbury, ein Arbeiter, welcher beim Verlegen eines neben den Leitungsdrähten für die verwendeten Brush-Lampen hinlaufenden Telegraphendrahtes behilflich war und zufällig mit den Leitungsdrähten der Lichtmaschine in Berührung kam, durch den in demselben circulirenden starken Strom momentan getödtet. In demselben Jahre wurde auch auf dem Union-Eisenwerke von Carnegie und Comp. in Pittsburg, Pennsylvanien, ein Mensch durch Elektricität getödtet. — Ein Arbeiter, namens H. Balzer, kam zufällig mit den Drähten der Maschine, die 16 Lampen zu versorgen hatte, in Berührung, wandte sich plötzlich um, lachte gesticulirend, rief: »Oh!« und fiel todt in die Arme des dicht hinter ihm stehenden Maschinenwärters. Aus den Tagesblättern dürfte noch der Zufall vom Abende des 6. August 1882 bekannt sein, da zwei junge Leute in den elektrisch beleuchteten Tuileriengarten, ohne Entrée zu zahlen, sich begeben wollten und zu diesem Zwecke über die Mauer stiegen. An der Innenseite der Mauer kamen sie aber mit den hoch oben fortgeführten Drähten, welche den elektrischen Strom zu den Brush-Lampen leiteten, in Berührung und fielen augenblicklich getödtet zu Boden. Desgleichen dürfte noch die Tödtung des Wiener Ingenieurs Heider (Gesellschafter der Firma Braun & Heider) im September vorigen Jahres erinnerlich sein, welcher in Triest, während der Ausstellung, eine durch die Bora umgeworfene Beleuchtungsstange im Dunkeln aufheben wollte, ohne die Lichtmaschine vorher zu unterbrechen und ebenfalls mit de Leitungsdrähten in Berührung kam und sofort todt blie

II.

Der Magnet in der Heilkunde.

Das Gebiet des Magnetismus hängt so innig mit jenem der Elektricität zusammen, die Wechselbeziehungen beider sind so vielfache, dass die Besprechung der Heilwirkung des Magnetismus an dieser Stelle abgehandelt werden muss, und zwar schon aus dem Grunde, weil schwache Magnete zu Heilzwecken fast nicht verwendbar sind, die stärksten Magnete aber erst durch Elektricität erzeugt werden können und der Elektromagnetismus ein integrirender Theil der Elektricitätslehre ist.

Obgleich der Magnet schon den Alten bekannt war, datirt dessen Verwerthung zu Heilzwecken doch erst seit Paracelsus, der ihn allerdings schon als ein Heilmittel hinstellt, »welches solche Heimlichkeiten besässe, dass man ohne dasselbe in Krankheiten nichts wohl ausrichten könne, und sei ein solch' tapfer frei Stück Eisen für einen solchen Künstler in der Arznei, dass keines weit und breit gefunden werden mag, von dem sich so viel sagen liesse«.

In Wien verschaffte im vorigen Jahrhunderte Maximilian Hehl dem Magnete als Heilmittel neue Anerkennung und seither wurde derselbe allenthalben verwerthet.

Vor einigen Jahren experimentirte Benedikt in dem Vereine der Aerzte Niederösterreichs mit hufeisenförmigen Magneten an Hysterischen. Dass der Magnet nicht allgemeiner verwendet wurde, dürfte wohl der sogenannte »thierische Magnetismus« zum grössten Theile verschuldet haben; andererseits fand man in unserem exacten Zeitalter keine physiologische Grundlage für die Verwendung des Magneten, weil dessen Einfluss auf den menschlichen Organismus weder subjectiv, noch objectiv nachweisbar ist.

Indessen spricht für die Heilwirkung desselben die Logik der Thatsachen, und hat man wiederholt von verschiedenen Seiten es versucht, auch eine physiologische Grundlage für dieselbe aufzustellen.

Bekanntlich werden Körper, die vom Magnet angezogen werden, beziehungsweise in Stäbchenform zwischen den beiden Polen eines starken Elektro-Magneten frei schwebend gebracht, sich axial, d. h. in die Verbindungslinie beider Pole stellen, paramagnetische Körper genannt, wogegen jene Körper, die von beiden Magnetpolen abgestossen werden, beziehungsweise in derselben Art, wie vorher erwähnt, suspendirt, sich senkrecht zur Verbindungslinie beider Magnetpole somit äquatorial stellen, diamagnetische Körper heissen.

Untersucht man in dieser Richtung pflanzliche und thierische Substanzen, so findet man, dass alle Gewebe

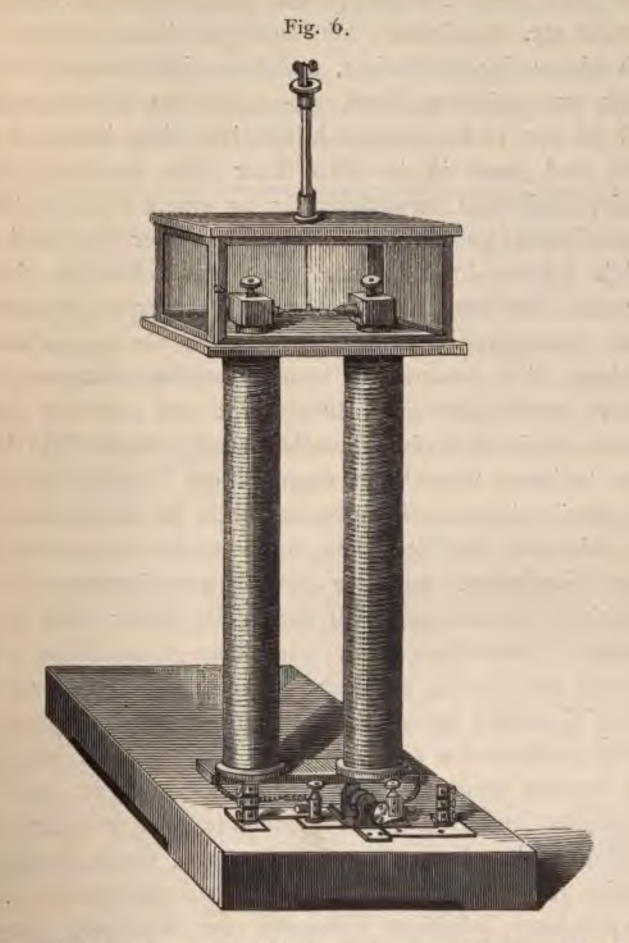
derselben sich als paramagnetisch oder diamagnetisch erweisen, somit auf einen hinreichend starken Magnet auch messbar reagiren.

Professor Pflücker aus Bonn kam schon in den Fünfziger-Jahren zu dem Resultate, dass in jedem Pflanzen- und Thierindividuum constante magnetische und diamagnetische Gegensätze sich zeigen, die mit der physiologischen Entwickelung und Thätigkeit desselben zusammenhängen. Pflücker kam auch des Ferneren zu dem Resultate, dass durch Mischung (Verbindung) eines paramagnetischen und diamagnetischen sich durchaus nicht ein absolut magnetisch indifferenter Körper herstellen lasse, sondern dass unter allen Umständen alle Körper entweder paramagnetisch oder diamagnetisch sind. Allerdings kann ein Prävaliren eines paramagnetischen oder diamagnetischen Körpers in einer Mischung oder Verbindung beider das Resultat der Reaction beeinflussen. So wird z. B. Holz durch Eintauchen in eine Eisenlösung paramagnetisch, dagegen der paramagnetischeste aller Körper, das Eisen nämlich, bei entsprechender Mischung (Legirung) mit Wismuth diamagnetisch. Zu derlei Untersuchungen wird ein sehr starker Elektromagnet, gemeiniglich Diamagnet genannt, beispielsweise in der Ausführung, wie sie Faraday und Pflücker angeben (Fig. 6), verwendet.

Die beiden Eisenkerne des Elektromagneten stehen parallel und vertical und sind durch ein horizontales Eisenstück mit einander verbunden. Jeder Eisenkern ist 1320 mm lang und hat einen Durchmesser von 102 mm. Die Mittelpunkte der Polenden beider Eisenkerne stehen 284 mm von einander ab. Jeder Eisenkern ist mit drei

Lagen bestens isolirten Kupferdrahtes von 14·9 mm²

Fig. 6.



Querschnitt in je 92 Windungen umwickelt. Die Pol-
klemmen für diesen Draht sind derart eingerichtet,

dass man 1—3 Lagen desselben verwenden kann. Ausserdem sind noch Nebenapparate, wie Rheotom, Stromwender etc. angebracht. Die Drahtumwicklung erstreckt sich bis zu den Polflächen, auf deren jeder ein Aufsatzstück aus weichem Eisen, von gleichem Durchmesser und 48 mm Höhe, aufgeschliffen ist. Diese beiden Aufsätze sind genau in der Mitte ihrer Höhe zur Aufnahme zweier horizontal verschiebbarer, an einem Ende konisch zugespitzter, 20 mm dicker Eisencylinder durchbohrt, welch' letztere in den Aufsätzen durch Schrauben fixirbar sind. Die konischen Zuspitzungen dieser aus weichem Eisen gefertigten Cylinder, in welchen die magnetische Wirkung sich concentrirt, können beliebig einander genähert, sowie von einander entfernt und mit den Aufsätzen, sowie auch ohne dieselben weggenommen werden. Eine meistens verstellbar eingerichtete Tischplatte, die mit zwei runden Oeffnungen versehen ist, durch welche die Schenkel des Elektromagneten hindurchgehen, trägt einen Glaskasten mit der Aufhängevorrichtung (Coulomb'sche Drehwage). Auf der Welle dieser kann man stärkere Seidenfäden oder nur einen Coconfaden aufwickeln und fixiren, an deren unterem Ende Körper von einem Gewichte selbst bis zu einem halben Kilogramm, sowie andererseits die leichtesten Gegenstände suspendirt werden können. Die Suspension erfolgt am zweckmässigsten unmittelbar am Fadenende oder in mehreren Schlingen desselben, Flüssigkeiten und Gase dagegen werden in dünnen, leichten Glasröhren untersucht. Die Verwendung beliebiger Elemente zur Armirung dieses Elektromagneten, sowie die Benützung beliebiger Drahtlängen gestattet, die magnetische Wirkung desselben

beliebig abzuändern. Der Eisenkern eines solchen Elektromagneten wiegt allein 84 Kg und das Gewicht des Kupferdrahtes beträgt 35 Kg.

Folgende Tabelle giebt eine Uebersicht über die Dimensionen der zu diamagnetischen Versuchen bisher construirten grössten Elektromagneten:

Nähere Bezeichnung der Elektromagneten	Polabstand in mm.	Mittl. Länge d. Kernes in mm.	Durchmesser des Kernes in mm.	Gewicht d. Kernes in Kg.	Querschnitt des Drahtes in mm.	Zahl der Drahtschichten.	Gewicht des Draht. in Kg.
Faraday's Hufeisenmagnet	152	1186	95·25	64·8	14·52	3	20·3
Pflücker's Hufeisenmagnet	284	1320	102	84	14·93	3	25
Greifswalder Hufeisenmagnet (Prof. Feilitzsch und Holtz)	596	2706	195	628	6·28	25	275

Auf Grund diesbezüglicher Untersuchungen von Faraday, Oersted, Pflücker, Chuet, Thomson und Anderen führte Dr. Theodor Clemens in Frankfurt a. M. in den Jahren 1859—1870 eine grosse Reihe einschlägiger Untersuchungen aus, die sich in Folgendem zusammenfassen lassen:

Der paramagnetischeste Körper ist Eisen; die diamagnetischesten starren Körper sind Arsen und Wismuth. Unter den Gasen ist Stickstoff fast indifferent, Sauerstoff schwach paramagnetisch, dagegen Ozon am stärksten paramagnetisch. Ozonreiche atmosphärische Luft fand Clemens in hohem Grade paramagnetisch (frische Luft) dagegen ozonarme Luft entschieden diamagnetisch (ver

brauchte Luft); auch warme Luft erwies sich als diamagnetisch. Am stärksten diamagnetisch fand Clemens unter den Gasen Nicotindämpfe, Kohlenoxyd, Arsenwasserstoff, Cyanwasserstoff etc. Arterielles Blut ist nach diesen Untersuchungen stark paramagnetisch, venöses dagegen leicht diamagnetisch. Die Nervensubstanz, möglichst blutleer untersucht, erwies sich auch immer als entschieden paramagnetisch. Wurde arterielles Blut auch nur mit geringen Mengen von Arsenwasserstoff, Blausäure, Kohlenoxyd oder Nicotin geschüttelt, so erwies es sich als entschieden stark diamagnetisch. Solches Blut, das Kohlenoxyd aufgenommen hatte und stark diamagnetisch reagirte, hatte die Fähigkeit (selbst ozonisirten) Sauerstoff aufzunehmen, absolut verloren und konnte nicht mehr paramagnetisch gemacht werden. Auch das Eisen, von dem der $^1/_{132800}$ Theil genügt, um eine fast indifferente Silbernadel entschieden paramagnetisch zu machen, wird sowohl in seinen organischen, wie auch anorganischen Verbindungen, schon durch geringe Mengen von Arsenwasserstoff diamagnetisch gemacht.

Im Hinblick auf diese Resultate kommt Clemens zu den nachstehenden Folgerungen:

1. *) Es kann und darf durchaus nicht als zufällig aufgefasst werden, dass gerade das Eisen, das paramagnetischeste aller Metalle, in dem animalen Organismus eine so hervorragende Rolle spielt und in Gesellschaft und inniger Verbindung mit einem der para-

*) Dr. Theodor Clemens: Ueber die Heilwirkungen der Elektricität. Frankfurt a. M., Verlag von Franz Benjamin Auffarth, 1876 bis 1879, S. 677 u. ff.

magnetischesten Gase, dem Sauerstoff, das wichtigste und bedingendste Moment des Stoffwechsels im animalen Organismus bildet.

2. Wir müssen jede Alteration der paramagnetischen Polarität der Luft nach allen Seiten hin — nämlich sowohl durch Beimischung der angeführten giftigen (diamagnetischen) Gase, sowie durch Erwärmung etc. — als eine dem animalen Organismus nachtheilige Wandlung ansehen.

3. Die am stärksten diamagnetischen Gase und Stoffe sind für den Organismus die stärksten Gifte, während die am stärksten paramagnetischen Luftarten und Metalle die unentbehrlichsten Lebensvermittler und Lebenserhalter bilden.

4. Alle Blut und Nerven diamagnetisirenden Stoffe sind Gifte, indem sie die Wechselwirkung zwischen dem paramagnetischen Blut und paramagnetischen Sauerstoff aufheben. Die sogenannte katalytische, urplötzlich das animale Leben vernichtende Wirkung der genannten und in ihren tödlichen Folgen bekannten Gifte, ist also ein elektrodynamischer und demnach physikalisch erklärbarer Effect.

5. Der Respirationsact ist nicht nur ein chemischer, reinigender, sondern auch ein, das verbrauchte, gekohlte und halb diamagnetisirte Blut wieder paramagnetisirender, reizender und nervenerregender elektrodynamischer Process.

Diesen Sätzen entsprechend, sucht Clemens mancherlei Vorgänge und Thatsachen zu erklären, so z. B., indem er die Versuche von Humboldt und Gay-Lussac anzieht, welche im Parterre überfüllter Theater in Paris zu Anfang der Vorstellung die Sauerstoffquantität de

untersuchten Luft jener am Ende des letzten Actes gleich fanden, zu welcher Zeit sie entschieden schädlich wirkend genannt werden musste, nicht die Quantität, sondern die Qualität, beziehungsweise die diamagnetische Reaction derselben als schädigende Ursache supponirt, da nicht der Sauerstoff allein an und für sich, sondern seine Qualität (beziehungsweise der elektrisch erregte Sauerstoff) der adäquate Reiz für Blut und das Nervensystem sei.

In diesen Anschauungen findet Clemens auch die Erklärung für die wohlthätige Wirkung klimatischer Curorte, sowie er in dieser Richtung die schädlichen Einflüsse heisser Luft auf das Nervensystem, so sie sich als Sonnenstich (vielleicht eher noch als sogenannter Hitzeschlag) manifestiren, zu erklären sucht.

Auf diese Anschauungen basirt Clemens, jedenfalls der eifrigste Verfechter der therapeutischen Benützung des Magneten in der Gegenwart, seine therapeutischen Methoden der Ozoninhalation, sowie der curmässigen Verabreichung ozonisirten Wassers, endlich die Anwendung starker Elektromagnete zu Heilzwecken.

Dem Gesagten zufolge liesse sich als physiologische Grundlage für die Einwirkung des Magneten auf den menschlichen Körper, entsprechend der paramagnetischen Reaction des Arterienblutes (schon wegen des Gehaltes an paramagnetischem Sauerstoff und Eisen), sowie entsprechend der diamagnetischen Reaction des Venenblutes, bei Annäherung eines hinreichend starken Magneten eine arterielle Fluxion (durch Attraction des paramagnetischen Arterienblutes), sowie eine Ent-

leerung der Venen (durch Repulsion des diamagnetischen Venenblutes) annehmen, was mit den Thatsachen vollkommen im Einklange steht. Nicht nur die Experimente von Clemens bestätigen diese Supposition, sondern auch Medicinalrath Dr. Hesse kam zu gleichen Resultaten, indem er in Erlemeyer's »Centralblatt für Nervenheilkunde etc.« 1879, Nr. 7, bei Besprechung eines Falles von Hemianaesthesia hysterica (halbseitige, hysterische Gefühllosigkeit) es als eine sehr auffallende Erscheinung erwähnt, dass sämmtliche Stiche (die Prüfung auf Gefühllosigkeit geschieht nämlich durch Nadelstiche an der gefühllosen Hautstelle) nach Application des Magneten stark bluteten und den ganzen Tag mit Blut unterlaufen waren, so dass der Arm und das Gesicht den Eindruck machten, als seien sie mit Flohstichen bedeckt, während die Prüfungsstiche der vorhergehenden Tage keine Veränderung der Haut hinterliessen und nicht bluteten.

Die Entleerung des Venenblutes will Clemens häufig bei Varicocele (Krampfaderbruch) constatirt haben, indem er den Hodensack eines hieran Leidenden auf die Metallplatte seines starken Elektromagneten *) legte und den Strom schloss; die Entleerung der geschwellten Venen soll sofort erfolgt sein.

Auch eine wenngleich unbestimmbare Gefühlswahrnehmung soll von ganz zuverlässigen Personen

---

*) Der von Dr. Th. Clemens zu Heilzwecken construirte cylindrische Hohlmagnet war 950 mm lang und die Drahtspirale w[illegible] 50 Kgr. Zur Armirung dieses Elektromagneten wurde eine Batte[illegible] von 200 grossplattigen Bunsen-Elementen verwendet. Der stärk[illegible] Mannesarm konnte in die Höhlung des Magneten eingeführt werd[illegible]

angegeben worden sein, als sie ihren Arm in dem grossen cylindrischen Elektromagneten hielten, während Clemens den Strom schloss.

Zu Heilzwecken benützt derselbe zumeist Hohlmagnete (hohle Elektromagnete) in verschiedenen Dimensionen. Die in diese Hohlmagnete einzuführenden Körpertheile werden von ihm noch zuvor in eine Kautschukhülle gegeben und diese mit Eisenvitriollösung (oder einer anderen Eisensolution) gefüllt. Derlei hohle Magnete werden für den Penis bei Impotenz, für den Arm bei Schreiberkrämpfen etc. von Clemens verwendet und leisten ihm angeblich vorzügliche Dienste.

Bezüglich der Anwendungsmethoden unterscheidet der mehrfach genannte Autor die Einwirkung des Magneten in seiner constanten Intensität als von ihm sogenannten »constanten magnetischen Strom«, von dem (sogenannten) »magnetischen Stoss«, d. h. dem Entstehen und Vergehen des Magnetismus und bringt letzteren mit den Wirkungen der Oeffnung und Schliessung einer constanten galvanischen Batterie auf den menschlichen Körper in Parallele. Auch verwendet Clemens rasche magnetische Intermissionen, als sogenannten »unterbrochenen magnetischen Strom«, sowie »magnetische Bestreichungen des Körpers« nach Art der Faradisation mit Metallpinseln. Er versieht nämlich seine Elektromagnete mit einer Eisenarmatur, welche einen aus Seeotterhaaren mit feinen Eisenfäden gemischten Pinsel trägt. Diesen Pinsel taucht er in eine leicht sauere Eisenlösung und bestreicht mit diesem Pinsel die Körperstellen, die er zuvörderst dem magnetischen Einflusse unterziehen will.

Auch zwei (walzenförmige) Elektromagnete verwendet er, um eine intensivere Wirkung herbeizuführen, und zwar, entweder nach Art der Anwendung der Elektricität in den früheren Zeiten, wo die allgemeine Elektrisation in der Weise ausgeführt wurde, dass man den Kranken die zwei cylindrischen Metallrheophoren mit den Händen umfassen liess, oder zum magnetischen Strich (Doppelstrich) nach der früher angedeuteten Bepinselungsmethode.

Nach Clemens leisten diese magnetischen Bestreichungen des Rückens, z. B. bei Hysterischen, oft vorzügliche Dienste, und wirken namentlich die magnetischen Pinsel angeblich oft sehr schmerzstillend und beruhigend.

Derlei walzenförmige Magnete werden nach Clemens in der Weise angefertigt, dass eine 2 cm dicke und 35 cm lange Weissblechröhre mit dünnen, in Holzkohlen geglühten, sodann wohlgereinigten und mit Schellackfirnis überzogenen Eisendrähten erfüllt, mit Papier überzogen und ein mässig dicker, wohl isolirter Kupferdraht in vier Lagen, jede Lage durch einen Schellackfirnisanstrich und eine Guttaperchapapierlage getrennt, gleichmässig über diesen so hergestellten Eisendrahtkern gewickelt wird. Sollen derlei Magnete zum Streichen benutzt werden, so wird der vorerwähnte Pinsel in einer Weissblechhülse gefasst und letztere über den Elektromagnetpol geschoben. Derlei kleine Elektromagnete armirt Clemens mit selbst mehr als 100 Platinelementen.

In neuester Zeit hat es sich anlässlich der Untersuchungen über Metalloskopie und Metallotherapie gezeigt, dass der Magnet auch directe physiologische Einwirkungen auf den menschlichen Organismus äussert.

Es ist nämlich gelungen, durch Annäherung der Pole eines starken Hufeisenmagneten an gefühllose Hautstellen Hysterischer oder halbseitig Gelähmter oder sonstiger Kranker gewisse Erscheinungen hervorzurufen, welche unter dem Namen des Transfert bekannt sind. Bei Annäherung des kräftigen Magneten an eine solche anästhetische Hautstelle kehrt nämlich nach einiger Zeit die Empfindung daselbst zurück, während zugleich die homologe Hautstelle der anderen Körperhälfte unempfindlich wird. Dass diese Erscheinungen auf reine Polwirkungen des Magneten zurückzuführen sind, erhellt daraus, dass beim Anlegen des Magneten mit seiner Wölbung, d. i. mit seiner Indifferenzzone die Wirkung ausbleibt. Wird ein anästhetischer Arm zwischen die Pole eines kräftigen Elektromagneten gebracht, so findet nach einer Viertel- bis einer halben Stunde ebenfalls die Retablirung der Empfindung mit oder ohne Transfert statt. Uebrigens werden nicht nur sensorielle, sondern auch motorische Störungen durch Einwirkung des Magneten auf gesunde Körperhälften übertragen und nach öfterer Application zur Heilung gebracht. Heilungen mittels Magneten sind in neuester Zeit sogar commissionell bestätigt worden, worüber Näheres im nächsten Capitel.

Uebrigens wird der Magnet auch wegen seiner specifischen Eigenschaft paramagnetischen Körpern gegenüber (Anziehung) medicinisch verwerthet. Es finden nämlich starke Magnete (Elektromagnete) in der Augenheilkunde von den schönsten Erfolgen gekrönte Verwendungen, und zwar zur Entfernung von in das Auge gedrungenen Eisensplittern, einem bei den Arbeitern der Eisenindustrie durchaus nicht seltenen Vorkommnis,

welches bisher in den meisten Fällen ein Zugrundegehen der Sehkraft herbeiführte; ja sogar oft infolge tiefgehender Entzündung die Entfernung des ganzen Augapfels unumgänglich nöthig machte.

Schon vor einem Vierteljahrtausend entfernte eine Frau mit Hilfe eines Magnetsteines einen Eisensplitter aus der Hornhaut. — Von den Aerzten dürfte wohl Dr. Meyer aus Minden zuerst im Jahre 1842 den Magnet in der Oculistik in dieser Richtung verwendet haben. Ein grosses Verdienst um diesen Gegenstand hat Dr. M. Keown in Belfast erworben, welcher 1874—78 mehrere derartige Fälle veröffentlichte, darunter einen, wo er mit Hilfe eines Magneten einen Eisensplitter von 25 Milligramm Gewicht aus dem Auge entfernte.

Der Berliner Augenarzt, Dr. Hirschberg, bediente sich im Jahre 1879 in einem einschlägigen Falle einer kleinen Eisenpincette, deren Spitzen er einer Einschnittsöffnung, die entsprechend dem Eisensplitter gemacht wurde, näherte und die Pincette sodann mit einem starken Elektromagneten verband. Der Eisensplitter wurde durch diese magnetisch gemachte Pincette extrahirt (während ein Erfassen desselben mit einem Ergreifsinstrumente nicht möglich gewesen wäre) und das zur Exstirpation bereits bestimmte Auge auf diese Weise gerettet. — In einem in der Gesellschaft der Charité-Aerzte gehaltenen und in der »Berl. klin. Wochenschr.«, 1883, Nr. 5 veröffentlichten Vortrage über die Magnetextraction von Eisensplittern aus dem Augeninnern giebt Dr. Hirschberg genau die Indicationen und den Operationsmodus an und bespricht daselbst mehrere in dieser Richtung ausgeführte, äusserst günstige Operationen.

Uebrigens sind in den letzten Jahren zahlreiche Veröffentlichungen über diesen Gegenstand aus Deutschland, England, Dänemark und Amerika gemacht worden und werden kleine Elektromagnete in Form einer Handhabe mit gekrümmten, dünnen Polenden dermalen jeder besseren Batterie für ärztliche Zwecke beigegeben.

III.

Metalloskopie.

Ein Pariser Arzt, Dr. Bourcq, hat schon im Jahre 1848 Thatsachen veröffentlicht, welche die Heilwirkungen von auf unempfindliche oder krankhaft contrahirte Körperstellen aufgelegten Metallplatten betrafen. Im Jahre 1860 trug er diese Angelegenheit der Academie de médecine vor, was zunächst die Veranlassung war, dass Männer von Beruf wie Charcot, Dumontpellier, Onimus, Regnard, Verneuil, Vigouroux etc. sich mit dieser Sache beschäftigten und diesbezügliche Erfolge erzielten, welche die Société de Biologie im August 1876 bewogen, eine Commission aus Charcot, Luys, Dumontpellier und dem Physiologen Regnard bestehend, einzusetzen, um die ganze Angelegenheit wissenschaftlich zu prüfen und zu erforschen. Den Bericht dieser Commission erstattete Charcot am 14. April 1877 in der Sitzung der Société de Biologie, die Angaben Bourcq's bestätigend.

Wurden nämlich blanke, zumeist runde Metallscheibchen, beispielsweise aus Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Zink, Eisen etc. von 20 Francs- bis Thalergrösse, die auf ihrer Oberseite mit Oesen zur Befestigung mittels Bändern versehen waren, auf die unempfindlichen Hautstellen aufgelegt, so fiengen bei verschiedenen Kranken nach Application verschiedener Metalle im Umkreise der Platten Gefühle von Ameisenkriechen, sowie von Wärme sich zu regen an, welchen objectiv nachweisbare Röthe und Temperatursteigerung, sowie Zunahme der Muskelkraft folgten; zugleich trat aber auch die Erscheinung des Transfert auf.

Die Versuche, diese Thatsachen wissenschaftlich zu erklären, ergaben, dass bei Application von differenten Metallen auf die Oberfläche des Körpers galvanometrisch bestimmbare, schwache elektrische Ströme von 0·0001 Daniell etwa auftraten, welche von der Commission als »physiologische Ströme« bezeichnet wurden.

Dafür, dass nur diese schwachen elektrischen Ströme bei Anlegung der Metallplatten die Wirkungen des Transfert bewirken, trat vorzugsweise Regnard, sowie später auch A. Eulenburg ein.

Es wäre hier nicht am Platze, die ganze Reihe einschlägiger Thatsachen zu recapituliren und zu besprechen, und ich will nur erwähnen, dass Schiff die Hervorrufung des Transferts durch aufgelegte Metallplatten dahin zu erklären versuchte, dass durch den Contact der Metallflächen mit der feuchten Körperhaut Molecularbewegungen erzeugt werden, die auf die Nervenendigungen übergehen. Thatsächlich gelingt es auch durch andere Eingriffe, beispielsweise durch Annäherung eines

Magneten, durch entsprechend schwache elektrische Ströme einer galvanischen Batterie, durch statische Elektricität, aber auch durch alle thermischen und traumatischen Eingriffe Erscheinungen des Transfert herbeizuführen, was von den ersten Forschern mehrseitig bestätigt wurde und von Jedermann an sich selbst sehr leicht nachgewiesen werden kann.

Berücksichtigt man aber, dass durch alle diese Eingriffe zumeist moleculare Bewegungen im menschlichen Körper angeregt werden, so lassen sich diese Erscheinungen ungezwungen erklären. Es beruhen, wie ich schon im Jahre 1878 im Decemberhefte der Wiener Klinik*) auseinandergesetzt habe — alle functionellen Thätigkeiten und Vorgänge des menschlichen Organismus auf Bewegungen, und zwar entweder auf Massenbewegungen oder auf Molecular-, oder endlich auf Atombewegungen. Ein harmonisches Ineinandergreifen dieser verschiedenen Bewegungsvorgänge repräsentirt den Zustand der Gesundheit, eine Störung in dieser Harmonie bedingt krankhafte Erscheinungen. Gelingt es durch Erregung irgend einer gleichförmigen Bewegung diese Störung auszugleichen, so tritt Genesung ein.

Dies bewies Dr. Boudet de Paris, indem er nervösen Gesichtsschmerz (Tic douloureux) durch Uebertragung der Schwingungen von Stimmgabeln auf den schmerzhaften Punkt mittels eines in ein Knöpfchen endigenden Stäbchens heilte.

---

*) Die Anwendung der Elektricität in der praktischen Heilkunde. Von Dr. Rudolf Lewandowski. Wien 1878. Urban & Schwarzenberg.

Was aber den Transfert anbelangt, so beweist die Erzeugung desselben unter physiologischen Verhältnissen (am Gesunden) zur Genüge, dass an sämmtlichen symmetrischen Stellen der beiden Körperhälften gleichartige Molecularbewegungsvorgänge statthaben müssen, welche von den nervösen Centralorganen aus durch eine gleichmässige Innervation unterhalten werden, wo dann jede Reizung der einen Seite eine compensirende Erregung der symmetrischen Stelle der anderen Seite zur Herstellung des Gleichgewichtes in der Summe der Bewegungsvorgänge bedingt.

Von diesem Standpunkte aus lassen sich auch die unbezweifelbaren Heilerfolge hinreichend starker Magnete (Elektromagnete) erklären, da der Magnet auch auf die Gewebe des menschlichen Organismus anziehend oder abstossend (also bewegend) einwirkt; von diesem Gesichtspunkte aus lassen sich aber auch die Heilwirkungen der verschiedenen Elektricitätsquellen erklären, ganz abgesehen von ihren specifischen Einwirkungen auf die differenten Gewebe und Organe des menschlichen Körpers.

Hieher ist auch die Anwendung der noch in unseren Tagen, besonders von englischen und amerikanischen medicinischen Zeitschriften, so warm empfohlenen und angepriesenen verschiedenen Ketten, Binden und Bögen zu zählen. Dieselben werden, wie die vorher erwähnten Metallplatten, auf blosse Körperstellen angelegt und bilden so galvanische Miniaturbatterien, wozu die Hautfeuchtigkeit den flüssigen Zwischenleiter, der Körper den Schliessungsbogen liefert. Zumeist werden unter diesen Vorrichtungen genannt: die Goldberger'schen, Kunzemann'schen und Pulvermacher'schen Ketten, Rommers-

hausen's galvano-elektrischer Bogen, Recamier's Cataplasme galvanique etc. Was die Indicationen und therapeutischen Methoden dieses Gebietes anbelangt, die eigentliche Metallotherapie, so kann dieselbe hier, dem Plane dieser Schrift entsprechend, keinen Platz finden.

IV.

Die statische Elektricität in der Heilkunde.

Schon im 7. Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung (also bereits vor dritthalb Jahrtausenden) beobachtete der Stifter der altgriechischen physikalischen Schule, Thales von Milet, dass geriebener Bernstein (griechisch Elektron) leichte Körper anziehe (Elektricität), welche Kenntnis erst Ende des 16. Jahrhundertes (also erst nach 22 Jahrhunderten) durch die Entdeckung anderer Körper, die gerieben, ebenfalls leichte Gegenstände anziehen (Gilbert), erweitert wurde. Die elektrische Abstossung ist indes erst 1672 (also nach 23 Jahrhunderten seit der Entdeckung der Anziehung) bekannt geworden. (Otto von Guericke). Mehr als ein halbes Jahrhundert schwand noch, bis die beiden Elektricitätsarten (Glas- und Harzelektricität) erkannt wurden (Dufay), und erst in der Mitte des 18. Jahrhundertes wurde die elektrische Polarität und das Grundgesetz elektrischer Anziehung und Abstossung bekannt (Franklin), so dass also gerade dritthalb Jahrtausende nöthig waren, bis die beiden Gesetze ausgesprochen werden konnten:

a) »Elektricität ist die Eigenschaft gewisser geriebener Körper, leichte Gegenstände aus einer gewissen Entfernung anzuziehen und nach der Berührung wieder abzustossen« und

b) »ungleichnamig elektrische Körper ziehen einander an, gleichnamig elektrische stossen einander ab«.

Die Geschichte meldet zwar schon vor dieser Zeit von der therapeutischen Verwendung des Zitterrochens. Nach dem Bekanntwerden der Reibungs-Elektrisirmaschine, des Elektrophors, der Leydnerflasche und neuestens der Influenzmaschine, beschäftigten sich zahlreiche Aerzte in allen Ländern mit der Verwerthung der Reibungselektricität zu Heilzwecken und datiren aus jenen Zeiten viele Veröffentlichungen über diesen Gegenstand, welche von ganzen Reihen glücklicher Heilungen berichten. Doch dies gehört in das Gebiet der Geschichte.

Heutzutage wird die Anwendung statischer Elektricität in der Heilkunde (Franklinisation genannt) nur von wenigen Aerzten geübt. Die hiezu verwendeten Apparate sind vorzugsweise: die Reibungs-Elektrisirmaschine, die Leydnerflasche und die Influenzmaschine.

1. Die Reibungs-Elektrisirmaschine

ist in der Winter'schen Ausführung allgemein bekannt. Diese besteht aus einer um eine horizontale Axe mittels einer Kurbel drehbaren Glasscheibe (geriebener Körper), gegen welche zwei gepolsterte und mit amalgamirtem Leder überzogene Kissen (Reibkissen) durch Metallfedern angedrückt werden (Reibzeug), sodann einer grossen Metallhohlkugel (Conductor), an welcher ein

oder mehrere mit spitzen Enden gegen die Glasscheibe gewendete Metallstifte (Sauger) angebracht sind. Alle drei Haupttheile dieser Maschine, nämlich Glasscheibe mit ihrer Axe, Reibzeug und Conductor stehen (der Isolirung wegen) auf Glasfüssen.

Wird die Glasscheibe gedreht, so wird sie positiv, das Reibzeug negativ elektrisch; letzteres muss zur Erde abgeleitet sein, auf dass sich freie positive Elektricität an der Glasscheibe ansammeln könne, die durch die Saugspitzen auf den Conductor übergeht. (Eigentlich zerlegt die positive Elektricität der Glasscheibe durch Influenzwirkung die natürliche Elektricität des Conductors, zieht die Influenzelektricität erster Art — hier die negative — an, neutralisirt sie, so dass am Conductor freie positive Influenzelektricität zweiter Art übrig bleibt.)

Es kann nun entweder die auf dem Conductor angesammelte positive Elektricität benützt werden oder man kann auch die negative Elektricität des Reibzeuges verwenden. Hiezu ist ein zweiter, von der Elektrisirmaschine getrennter, Metallconductor auf einem Glasfusse nöthig, den man mit dem Reibzeuge metallisch verbindet, und für diesen Fall den positiven Conductor zur Erde ableitet.

Soll die Maschine functioniren, so muss die Amalgamirung stets blank sein, also nach Bedarf erneuert werden. Die Glasscheibe muss rein, die isolirenden Glasfüsse wohl gefirnisst sein und stets trocken gehalten werden.

Clemens (ein eifriger Anhänger auch der Franklinisation) hat an seiner Elektrisirmaschine zwei Paar Reibkissen (ein Paar oben, das andere unten) und ver-

wendet mehrere separate Conductoren, sowie Auslader, welche als Elektroden dienen; solche Elektroden bestehen aus gläsernen Stativen von verschiedener Höhe, an deren oberem Ende sich eine Metallfassung befindet, in welcher in einem Gelenke ein Arm beweglich ist, der in eine Metallkugel ausgeht, und entweder ganz aus Metall gefertigt ist oder aus einem Holzstabe besteht, in welchem ein starker Metalldraht verläuft. Ausserdem hat Clemens eine Vorrichtung, durch welche er den »Strom« schliesst, d. i. einen in die ganze Leitung von Conductoren, Ausladern und Verstärkungsgläsern eingeschalteten umlegbaren Metallhebel, Wird dieser emporgehoben, so ist die Leitung unterbrochen. Wird er niederfallen gelassen oder umgelegt, so ist die Leitung geschlossen.

2. Die Verstärkungsgläser

die noch nebst der Elektrisirmaschine verwendet werden, sind, wie schon oben erwähnt, zumeist gewöhnliche Leydnerflaschen. Diese nach dem Principe der Franklinischen Tafel gefertigten Apparate bestehen aus Glasgefässen, welche innen und aussen bis zu $^2/_3$ ihrer Höhe mit Stanniol belegt sind. Die freien Ränder werden gefirnisst und das Glasgefäss mit einem ebenfalls gefirnissten Holz- oder Pappendeckel verschlossen, durch dessen Mitte ein Metallstab bis auf den Boden desselben geht und an seinem oberen über diesen Deckel ragenden Ende eine Metallkugel trägt.

Hält man eine solche Leydnerflasche an der äusseren Belegung mit der Hand und lässt von der Elektrisirmaschine auf den Knopf derselben Funken überspringen,

so wird sich an beiden Oberflächen Elektricität von bedeutender Spannung ansammeln. Die auf der Innenfläche frei gewordene Elektricität wirkt durch das Glas influenzirend auf die äussere Belegung und zerlegt die natürliche Elektricität derselben, hält die negative festgebunden, während die positive Influenzelektricität zweiter Art durch den menschlichen Organismus zur Erde abgeleitet wird. Die auf der äusseren Belegung angesammelte gebundene Elektricität wirkt auf die an der Innenfläche angesammelte zurück, bindet aber nicht die ganze positive Elektricität der Innenbelegung, sondern lässt einen kleinen Bruchtheil frei; dies wiederholt sich nach jedem Funken so lange, bis die Spannung der sich summirenden freien Elektricität an der inneren Belegung die Grösse der elektrischen Spannung am Conductor erreicht hat. Mittlerweile ist aber die Spannung der auf beiden Belegungen der Leydnerflasche gebundenen Elektricität bedeutend vergrössert worden.

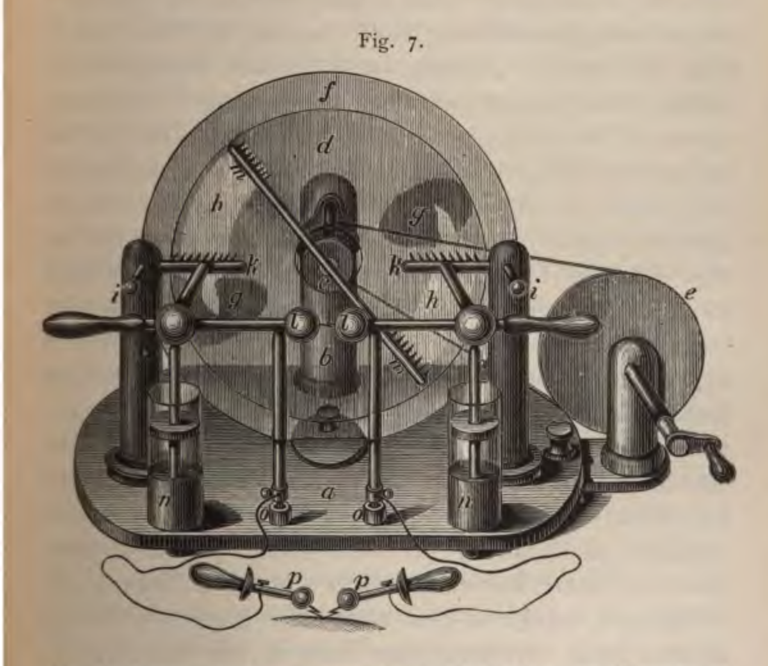
Verbindet man die äussere Belegung durch einen Schliessungsbogen mit der inneren, so werden sich die beiden Elektricitäten mit einem starken leuchtenden Funken und deutlich hörbarem kurzen Geräusch ausgleichen. Wird der menschliche Organismus in diesen Schliessungsbogen eingeschaltet, so äussern sich die Wirkungen des Entladungsschlages auf denselben.

3. Die Influenzmaschine

liefert nicht etwa grosse Elektricitätsmengen nach Art der galvanischen Ströme, sondern geringe Quantitäten von Elektricität, aber mit grosser Spannung; sie beruht

auf der Umsetzung von mechanischer Arbeit in Elektricität und ist somit vom praktischen Standpunkte nur eine Umwandlungsmaschine, vergleichbar einer Gramme'-schen Dynamomaschine, bei der ebenfalls Arbeit in Elektricität umgesetzt wird. Je mehr übrigens die durch

Fig. 7.



die Influenzmaschine erregte Elektricität an Spannung gewinnt, desto mehr verliert sie an Quantität, weil die verwandelte Arbeitsgrösse stets dem Producte aus der Elektricitätsmenge mit ihrer Spannung proportional ist. Die Erzeugung der Elektricität findet hier durch Influenz statt.

Fig. 7 stellt eine Holtz'sche Influenzmaschine nach Leiter's Ausführung und Beschreibung dar. Auf der Stativplatte *a* ist der Träger *b* für die Axe *c* der rotirenden Glasscheibe *d* befestigt, welche durch Umdrehung der Scheibe *e* nach rechts in Bewegung zu setzen ist. Von der Glasscheibe *d* ist 3 mm entfernt eine grössere Glasscheibe *f* isolirt aufgestellt, welche für den Durchgang der Axe kreisförmig ausgeschnitten ist. Ueberdies besitzt diese Scheibe noch an zwei diametral entgegengesetzten Stellen *gg* ovale Ausschnitte ihrer Peripherie. Bei jedem dieser Ausschnitte ist auf der Scheibe ein Papierblatt *hh* angeklebt, welches in einen zugespitzten Streifen ausgeht, der in die Oeffnung des Ausschnittes ragt. An den Trägern *ii* sind zwei Stäbe *kk* (Conductoren) angebracht, welche mit Saugspitzen versehen sind. Dieselben stehen den Belegenden an den Ausschnitten gegenüber und mit den Kugeln *ll* in Verbindung, welche mittels der isolirten Handgriffe einander genähert und von einander entfernt werden können. Der in der Axe drehbare Nebenconductor *m* kann mit den Conductoren *kk* durch Drehung in leitende Verbindung gebracht werden. Zur Erhöhung der elektrischen Spannung dienen noch die kleinen Leydnerflaschen *nn*. Die Ableitung der Elektricität erfolgt an den beiden Ausleitern *oo*, welche mittels ihrer verschiebbaren Röhren mit den Kugeln oder deren Armen in Verbindung zu setzen sind. Von ihren Klemmen führen wohl isolirte Leitungsdrähte zu den Elektroden *pp*.

Um diesen Apparat in Thätigkeit zu setzen, wird eine mit einem Wollappen oder Katzenfell geriebene Hartkautschukplatte während der Rotation der Scheibe *d*

an die eine Papierbelegung gehalten, welche dadurch mit negativer Elektricität geladen wird. Sollte dies nicht gelingen, so berühre man die Papierbelegung mit dem Knopfe einer geladenen Leydnerflasche, was übrigens bei feuchter Witterung oft auch versagt. — Ist die eine Papierbelegung elektrisch geladen, so wirkt sie auf den gegenüberstehenden Conductor vertheilend ein und die angezogene positive Influenzelektricität erster Art (falls die Papierbelegung negativ elektrisch geladen wurde) übergeht durch die Saugspitze auf die Scheibe *d*. Infolge der Rotation kommen stets neue Stellen derselben an den Saugspitzen vorüber, von welchen daher fortwährend positive Elektricität auf die Scheibe übergehen kann. Die abgestossene negative Influenzelektricität zweiter Art übergeht in gleicher Weise durch die mit einander in Berührung gebrachten Kugeln *l l* auf den anderen Conductor und von den Saugspitzen derselben auf die rotirende Scheibe, von welcher sie bei dem Ausschnitte auf die zuerst geladene Belegung übertreten, wodurch die negative Ladung derselben verstärkt wird.

In gleicher Weise wirkt die auf die Scheibe übergangene positive Elektricität auf die andere Belegung ein, welche sich mit positiver Elektricität ladet und das Ausströmen von negativer Elektricität auf die Scheibe fördert. Infolge dieses Vorganges wird ein continuirliches Strömen positiver Elektricität von einem Conductor zum andern durch die Kugeln *l l* stattfinden. — Werden diese von einander entfernt, so tritt ein Funkenstrom zwischen ihnen auf, der so lange dauert, bis dieselben nicht über die der Spannung entsprechende Schlagweite von einander abstehen. Geschieht dies, so

erweist sich in den meisten Fällen, besonders bei feuchter Witterung, die Maschine entladen und muss neuerlich geladen werden. Um dies zu verhindern, dient der Neben-Conductor *m*, der mit den Conductoren *k k* in Berührung gebracht, die Verbindung derselben vermittelt.

Ist die Maschine im Gang, so macht sich dieses selbst bei Berührung der beiden Kugeln durch ein eigenthümlich zischendes Geräusch hörbar.

War die Maschine längere Zeit in Thätigkeit, so muss sie ganz auseinander genommen und die mit Schellackfirnis überzogenen Glasplatten, auf denen sich ein russartiger schwarzer Staub niederschlägt, vorsichtig abgewischt werden. Zudem ist diese Maschine so launenhaft und von feuchter Witterung so abhängig, dass ihre Handhabung grosse Geduld, gepaart mit mechanischer Fertigkeit erheischt; überdies erfordert dieser Apparat einen Assistenten, der ihn in Bewegung setzt, was in manchen Fällen durchaus nicht erwünscht sein dürfte. Allerdings hat man diesen Nachtheilen von verschiedenen Seiten zu begegnen gesucht, so hat z. B. der Mechaniker Albert in Frankfurt a. M. über Anregung Dr. Stein's auf der Münchener Ausstellung eine Influenzmaschine exponirt, welche in einem mit Chlorcalcium und einem Ventilator trocken gehaltenen Glaskasten untergebracht ist und mittels eines durch eine Grove'sche Batterie in Gang gesetzten Elektromotors bewegt wird.

Allein trotz alledem müssten die Erfolge dieses Apparates ganz aparter Natur sein, bis sich die Aerzte herbeilassen würden, diese unbequeme, zerbrechliche, voluminöse und kostspielige Maschine in demselben Masse

anzuwenden, als etwa eine galvanische Batterie oder einen Inductionsapparat.

Die Methode der Anwendung der statischen Elektricität in der Heilkunde besteht nun darin, dass der Kranke beispielsweise auf einen Isolirschemel gestellt wird und die eine Hand auf den Conductor der Elektrisirmaschine auflegt. Wird die Scheibe derselben gedreht, so wird der Körper mit positiver Elektricität geladen. Dabei sträuben sich die Haare und der Elektrisirte hat eigenthümliche Sensationen an der ganzen Körperoberfläche, die nach subjectiver Empfindlichkeit des Einzelnen variiren. — Bringt man den Finger oder einen Auslader einem also Geladenen nahe, so kann man aus seinen Kleidern oder aus seinem Körper Funken ziehen (active Funken). Man kann indes auch auf den zu Elektrisirenden ohne Verwendung eines Isolirschemels mittels eines Ausladers von den Conductoren Funken überspringen lassen (passive Funken). Ausserdem kann man die am Conductor sich ansammelnde Elektricität durch bürstenförmige Auslader gegen den Kranken ausströmen lassen (elektrisches Bad), wobei er das Gefühl hat, als wenn ein scharfer Wind Sand gegen seine Haut blasen würde etc.

Die verschiedenen Methoden werden als activ-positive und activ-negative Funken, passiv-positive und passiv-negative Funken und Luftbäder oder aber als elektrisches Bad (Luftbad), Funkenziehen, Irroration, Exhaustion, Insufflation, Commotion etc. bezeichnet.

Was die physiologischen Wirkungen dieser Methoden anbelangt, so ruft der Funke der Elektrisirmaschine ein unangenehmes Prickeln, Stechen und Zittern an der Haut hervor; dieselbe erscheint geröthet, ihre Empfindlichkeit gesteigert, die Schweissecretion vermehrt und bilden sich kleine rothe Flecke, wie nach Mückenstichen oder aber treten, je nach der Intensität des überspringenden Funkens, Brandblasen auf. Dabei findet so gut wie keine Muskelcontraction statt, ein Beweis, dass sich die Wirkung nicht in die Tiefe erstreckt. Der Funke der Leydnerflasche wirkt ungleich intensiver und erstreckt sich dessen Einwirkung auch auf tiefer gelegene Partien. Fasst man mit der einen Hand eine Leydnerflasche an ihrer äusseren Belegung an und berührt mit einem Finger der anderen Hand den Knopf derselben, so empfindet man eine unangenehme zerrende Erschütterung, bei schwacher Ladung blos in den Handgelenken, bei etwas stärkerer auch in den Ellbogengelenken, bei noch stärkerer in den Schultergelenken und in der Brust. Dabei finden lebhafte Muskelcontractionen statt. Berührt man mit dem Knopfe einer Leydnerflasche, die man an ihrem äusseren Belege hält, irgend einen sogenannten motorischen Punkt im Verlaufe eines Nervenstammes, so empfindet man einen heftig zerrend-drückenden Schmerz, wie nach einer Nervenquetschung. Die unangenehme Sensation bei der Entladung einer mittelstark geladenen Leydnerflasche durch den Körper ist so intensiv, dass es kaum der Willensstärke eines Mannes gelingt, dieselbe äusserlich zu unterdrücken. Kleinere Thiere werden durch den Entladungsfunken einer Leydnerflasche, grössere durch jenen einer Batterie getödtet.

In ähnlicher Weise äussert sich die Wirkung der Influenzmaschine.

Trotz der Anpreisungen, welche die Franklinisation seitens ihrer Anhänger und Verfechter gefunden, haben ruhige und kritische Forscher bisher keine der statischen Elektricität eigenthümliche physiologische Wirkung auffinden können, die nicht auch durch die übrigen Methoden der Galvanisation und Faradisation erzielbar wäre.

Im Mai d. J. hat Dr. Stein in Frankfurt a. M. in Nr. 3 des zweiten Bandes des Elektro-Technikers einen Aufsatz über eine bemerkenswerthe Wirkung der statischen Elektricität veröffentlicht. Er machte, angeregt durch den »Magnetiseur« Hansen, in derselben Weise an verschiedenen Individuen hypnotische Versuche und traf ein besonders empfängliches »Medium« in der Person eines Theaterrequisiteurs, an dem es ihm gelang, selbst ohne Hypnose den willkürlich ausgestreckten Arm durch einige Striche mit der flachen Hand von der Schulter gegen die Fingerspitzen (centrifugal) in vollkommen kataleptischen Zustand zu versetzen, durch entgegengesetzt gerichtete (centripetale) Striche jedoch sofort die Beweglichkeit und Empfindlichkeit wieder herzustellen. Auf Veranlassung von Dr. Holst in Riga strich Stein mit einem, mit dem positiv geladenen Conductor einer Elektrisirmaschine in leitender Verbindung stehenden Auslader längs des ausgestreckten Armes und konnte ihn abermals durch centrifugale Striche kataleptisch machen, durch centripetale Bestreichung hingegen diesen Zustand wieder aufheben. War der Auslader mit negativer Elektricität geladen, so riefen centripetale Striche Katalepsie hervor, während centrifugale Striche dieselbe lösten. —

Bestreichungen mit den Ausladern nach Ausschaltung der Leitung, Anwendung von galvanischer oder faradischer Elektricität konnten keine ähnlichen Erscheinungen hervorrufen. Auf Grund dieser Erfahrungen ist Stein überzeugt, dass noch im Laufe dieses Decenniums »es mit der statischen Elektricität ähnlich gehen werde, wie mit dem galvanischen und faradischen Strom«, d. h. dass die erstere bei der Verwerthung der Elektricität in der Heilkunde den beiden letzteren sich ebenbürtig zur Seite stellen werde.

Ausser ihm besitzt Frankfurt, wie bereits erwähnt, noch einen anderen begeisterten Anhänger der statischen Elektricität, nämlich Dr. Th. Clemens, der ihr womöglich einen noch höheren Rang einzuräumen sucht, als den anderen zwei Elektricitätsarten.

Clemens wendet selbst elektrische Spannungen ganz vollgeladener Leydner Batterien an und übt höchstens die Vorsichtsmassregel, dass, wenn er z. B. diesen Entladungsschlag durch das Handgelenk gehen lässt, er oberhalb desselben ein nasses Tuch auflegt und dasselbe bis auf den Boden hängen lässt, damit die Wirkung sich nicht weiter centralaufwärts erstrecke.

Dass derlei Manipulationen nicht so ganz ungefährlich sind, wie es Clemens darzustellen sucht, beweisen die Unglücksfälle, die sich bei Experimenten mit gespannter statischer Elektricität ereigneten. So hatte beispielsweise Professor Doppelmayer in Nürnberg 1752 das Unglück, durch gespannte Elektricität seiner eigenen Maschine in seinem Cabinete getroffen zu werden, was dessen sofortigen Tod zur Folge hatte.

Im nächsten Jahre erlag Richmann in Petersburg (6. August 1753) seinen Experimenten mit der Luftelektricität, und 1754 nahm Hart in England ein 16jähriges Mädchen wegen einer Lähmung des rechten Armes in Behandlung, doch nach dem ersten Entladungsschlage wurde die Kranke am ganzen Körper gelähmt und blieb fortan stumm.

V.

Zu Heilzwecken verwendbare galvanische Elemente.

Die in der Heilkunde verwendbaren galvanischen Elemente lassen sich in einige Hauptgruppen bringen, in welchen immer eine Zusammenstellung als Typus, die übrigen Glieder der Gruppe als Modificationen desselben angesehen werden können.

Das Volta'sche Zink-Kupfer-Element war beispielsweise das Vorbild einer ganzen Reihe nachgebildeter inconstanter Elemente.

Daniell wählte ebenfalls Zink und Kupfer, letzteres in Kupfervitriollösung, und wurde in der Folge auch dessen Anordnung vielfach umgestaltet und modificirt.

Eine zweite Gruppe von Ketten bilden die Grove-Bunsen-Hawkins'schen Ketten, bei welchen allen Zink in verdünnte Schwefelsäure und der zweite Stromgeber in concentrirte Salpetersäure tauchen. Wie aber di spāteren Umgestaltungen des Daniell'schen Elemente

mit Hinweglassung der Thonzellen ausgeführt wurden, so entstand aus der Bunsen-Kette mit Eliminirung des Diaphragmas und der lästigen Salpetersäure das Smee-Element, das selbst wieder an die Spitze einer ganzen Reihe ähnlicher Combinationen zu stellen ist.

Eine dritte Gruppe von Elementen ist durch die Hinweglassung des Diaphragmas und durch Verwendung von mit Schwefelsäure versetzter Kaliumbichromatlösung ausgezeichnet.

Eine vierte Reihe von Elementen eröffnete Leclanché mit seiner Zink-Kohle-Braunstein-Salmiaklösungskette.

In eine fünfte Gruppe sind die zumeist theueren Chlorsilberelemente zu vereinigen und diesen fünf Gruppen nur noch als Anhang einzelne Formen anzuschliessen, die nach ganz differenten Principien gebaut sind.

Im Folgenden sollen nur die wirklich bereits zu Heilzwecken in Verwendung gezogenen Combinationen ganz kurz charakterisirt werden und kann hier auf eine gründlichere Erörterung der einzelnen, sowie auf die Darlegung des chemischen Vorganges in denselben nicht näher eingegangen werden, sondern muss vielmehr in dieser Richtung auf den IV. Band dieser Bibliothek: »Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermoketten von W. Ph. Hauck« verwiesen werden.

Aus diesem Grunde werden auch die einzelnen Elemente nur einfach in der angedeuteten Weise aneinander gereiht und in kein eigentliches System gebracht, weil jedes System eine eingehendere Behandlung dieses Gegenstandes auf breiterer Basis erheischen würde.

* * *

Schon die im Jahre 1800 von Volta construirte Säule aus aneinander gelötheten Zink- und Kupferplatten, welche durch in Schwefelsäure getränkte Tuchlappen getrennt waren, wurde, und zwar mit Erfolg in der Heilkunde verwendet.

Dieser Säule analog sind die von Behrens und de Luc aus Zink- und Kupfer- oder Zink- und Silberplatten mit in Salzwasser getränkten und halb oder ganz getrockneten Fliesspapierzwischenlagen gebaut worden.

Eine ähnliche Säule hat Zamboni aus Gold- und Silberpapierscheiben hergestellt, die er mit ihren Kehrseiten aneinander klebte und viele tausend solcher Scheiben in einer wohl isolirten Glasröhre vereinigte. Es hat sich indes weder eine dieser hier angeführten, noch sonst eine nach diesem Principe construirte sogenannte trockene Säule in der Heilkunde behaupten können, obgleich gerade eine trockene Säule so recht das *pium desiderium* der Elektrotherapeuten wäre.

Bei der Volta'schen Säule tritt unter anderen Uebelständen hauptsächlich der in den Vordergrund, dass die Platten durch ihr Gewicht die Flüssigkeit aus den Tuchlappen herauspressen und die Wirksamkeit der Säule bald nachlässt, aus welchem Grunde Volta noch in demselben Jahre seinen

Becherapparat zusammenstellte, indem er je eine Kupfer- und Zinkplatte in einen mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten Becher tauchte und die Kupferplatte des einen Bechers mit der Zinkplatte des andern Bechers verband.

Hare änderte dieses Element 1821 in der Weise ab, dass er auf einen Kupferblechstreifen einen Tuch-

streifen und darauf einen Zinkblechstreifen legte und das so erhaltene Metalldoppelband um einen Holzstab wickelte, welche Rolle er sodann in ein Gefäss mit verdünnter Schwefelsäure tauchte. (Hare's Spirale, Deflagrator, Calorimotor).

Wollaston's Kupfer-Zink-Element ist von den bisher beschriebenen nur durch die Art der Ausführung verschieden, indem hier zwischen zwei Kupferblechplatten eine durch Holzklötzchen getrennte Zinkblechplatte befestigt wird. Dieses Element hat eine grosse Oberfläche, zumal ist jene der negativen Elektrode (Kupfer) bedeutend überwiegend, wodurch die Polarisation wenigstens theilweise vermindert wird.

Der Wollaston'schen Kette ähnliche wurden von Faraday, Münch, Schmidt, Young u. a. gebaut.

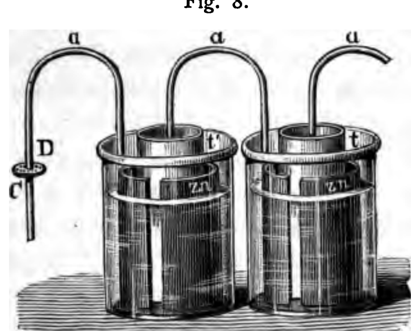
Alle bisher besprochenen Elemente sind wegen der in ihnen auftretenden Polarisation in hohem Grade inconstant, und werden dermalen nur mehr hie und da im ganzen selten und zwar nur von Liebhabern in Verwendung gezogen. Das erste constante Zink-Kupfer-Element hat

Becquerel 1842 construirt, indem er einen Kupfercylinder in eine Thierblase brachte und dieselbe sodann mit concentrirter Kupfervitriollösung füllte; diese so armirte Blase umgab er mit einem hohlen Zinkcylinder und stellte das Ganze in ein Glasgefäss, das mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt war.

Daniell änderte diese Kette in der Weise ab, dass er statt der Thierblase eine poröse Thonzelle tt', Fig. 8 nahm, diese mit dem Zinkcylinder zn umgab und in ein Glasgefäss stellte. Der Kupfercylinder wurde an das

Ende *C* des vom Zink ausgehenden Schliessungsbogens *a* angelöthet. *D* ist ein Sieb, auf welches Kupfersulfatkrystalle zur Erhaltung der Concentration eingetragen werden sollen. Hiebei tritt zwar kein Polarisationsstrom auf, aber es ist mit der Zeit doch eine Schwankung in der Stromstärke nachweisbar und zwar infolge der Aenderung in der Concentration und Mischung der flüssigen Zwischenleiter. Ausserdem erfordert eine Batterie aus Daniell'schen

Fig. 8.



Elementen häufiges Auseinandernehmen und öfteres Reinigen derselben. Trotzdem hat das Daniell'sche Element rasch eine weite Verbreitung gefunden und es giebt Aerzte, die auch noch heutzutage bloss diese Elemente verwenden, unbeschadet dessen, dass sie dieselben täglich auseinandernehmen und reinigen lassen müssen.

Um die Veränderung des flüssigen Zwischenleiters möglichst zu verzögern, änderte Muirhead das Daniell-sche Element in der Weise ab, dass er im Diaphragma zwar Kupfer in Kupfervitriollösung beliess, zum amalgamirten Zinkcylinder hingegen in das Glasgefäss ausser

halb der Thonzelle nicht verdünnte Schwefelsäure, sondern reines Wasser brachte.

Schneider änderte auch diese Anordnung, indem er einen Zinkblock mit reinem Wasser in das Diaphragma brachte und zwischen Diaphragma und der Kupferblechspirale noch einen isolirenden Ring schob.

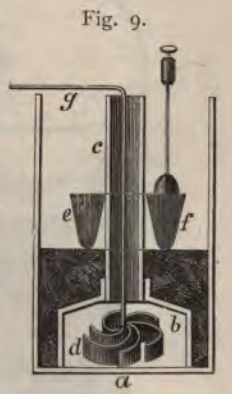
Die beste Modification des Daniell-Elementes indes und jedenfalls die constanteste aller bisher construirten und modificirten Ketten ist jedoch das

Siemens-Halske'sche Bittersalz-Element (Fig. 9.) Auf den Boden eines Glasgefässes *a* wird eine glockenförmige, beiderseits offene Thonzelle *b* gesetzt und in ihre obere engere Oeffnung eine Glasröhre *c* eingekittet. Unter diese Glocke kommt ein spiralig gefaltetes Kupferblech *d*, an welches ein Kupferdraht *g* angelöthet ist, welcher durch die Glasröhre nach oben hervorragt. Der Zwischenraum zwischen der Thonzelle *b* und der Glasröhre *c* einerseits und dem Glasgefässe *a* andererseits wird mit Papiermaché (oder in angesäuertem Wasser aufgeweichtem Fliesspapier) dicht ausgefüllt und mit einem Leinenläppchen bedeckt. Darauf kommt der Zinkblock *ef*. Die Thonzelle und ihre Glasröhre werden mit verkleinerten Kupfervitriolkrystallen gefüllt, in das Glasgefäss (zum Zinkblock) dagegen wird ein Löffel voll krystallinischen Bittersalzes gebracht und sodann sowohl in die Glasröhre als auch in das Glasgefäss so viel Wasser eingetragen, dass in der ersteren das Kupfervitriol, in der letzteren der Zinkblock etwa 5 mm hoch bedeckt sind. Durch Trockenhalten der Glasränder kann man das Auskrystallisiren hintanhalten; auch ist es vortheilhaft, die Ränder des Glasgefässes und der Glasröhre

zu gleichem Zwecke mit Oel oder einer Gummilösung zu bestreichen. Mayer und Wolf sowie Leiter in Wien verschliessen diese Elemente mittels Kautschukkappen, was sich als sehr zweckmässig erwies.

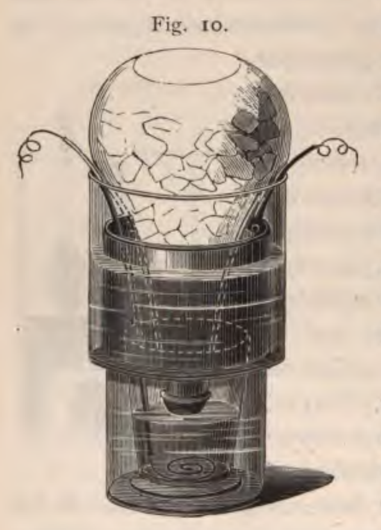
Meidinger construirte auch (1859) ein ziemlich dauerhaftes, wirksames und constantes Zink-Kupfer-Element — ohne Diaphragma — in welchem er die beiden Flüssigkeiten durch blosse Uebereinanderlagerung zu trennen suchte, das jedoch intransportabel ist. In einen kleinen Glasbecher, am Boden eines Glasgefässes Fig. 10, dessen Mantelfläche treppenförmig abgesetzt ist, wodurch der Innenraum dieses Gefässes einen oberen weiteren, und einen unteren engen Querschnitt erhält, kommt die Kupferblechspirale, deren Leitungsdraht isolirt auf der einen Seite des besprochenen Gefässes aus demselben hervorragt. Oberhalb der Kupferspirale wird auf den treppenförmigen Absatz des Glasgefässes ein hohler Zinkcylinder gestellt, dessen Ausleitungsdraht an der (vom Kupferpol) entgegengesetzten Seite aus dem Gefässe ragt. Das Glasgefäss wird nun mit reinem Wasser so weit gefüllt, dass dasselbe den unteren Rand des Zinkcylinders benetzt. Ein birnförmiger, in eine Glasröhre ausgehender Glasballon wird mit Kupfervitriolkrystallen vollgefüllt, seine untere Oeffnung mit einem Korkstöpsel verschlossen und durch diesen ein kurzes federkieldickes Glasröhrchen gesteckt. So armirt wird nun dieser Ballon derart in das Glasgefäss eingetragen, dass sein Glas-

Fig. 9.



röhrchen bis fast auf den Boden des kleinen Becherglases, knapp ober der Kupferdrahtspirale ragt. Das Kupfervitriol wird durch das zum Theile in den Ballon eindringende Wasser gelöst, so dass der kleine Becher, der die Kupferspirale enthält, beständig mit einer concentrirten Kupfervitriollösung erfüllt ist. In die obere Hälfte des treppenförmigen Glasgefässes zum Zinkcylinder wird nun vorsichtig etwas Bittersalz eingetragen, welches sich auflöst und über der Kupfervitriollösung schichtet. Das Kupfer ist in diesem Elemente somit von Kupfervitriollösung, das Zink von Bittersalzlösung umspült.

Fig. 10.



Dieses Element wirkt zuverlässig, so lange es sich in absoluter Ruhe befindet; sobald es aber von der Stelle gerückt wird, vermischen sich die beiden Flüssigkeiten und die Wirksamkeit desselben hört auf.

Weinhold hat das Meidinger-Element vereinfacht, indem er den Ballon wegliess und das Kupfervitriol direct auf den Boden des Glasbechers zur Kupferspirale eintrug (sogenanntes offenes Meidinger-Element).

Callaud hat dem Daniell-Element ohne Diaphragma jedenfalls die einfachste Form gegeben. Vorerst nahm er ganz gewöhnliche Gläser, an deren oberem

Rande er die Zinkcylinder an Winkeln einhieng, oder dieselben, wie in Fig. 11 ersichtlich, am Deckel befestigte. Der negative Elektromotor (Kupfer) wird in Blechform oder als Drahtspirale am Boden des Glasgefässes gelagert und der Ausleitungsdraht desselben durch eine über ihn geschobene Glasröhre oder aber durch Kautschuküberzug isolirt. Nicht so einfach ist indes die Füllung des Elementes; das Zink soll nämlich in Zinksulfatlösung tauchen und das Kupfer von Kupfervitriollösung umgeben sein. Gewöhnlich füllt man das Glas bis zum unteren Zinkrande mit Wasser, trägt dann durch einen Heber eine concentrirte Kupfersulfatlösung ein und fügt ganz zuletzt vorsichtig Zinksulfatlösung hinzu. Es wird dieses Element häufig zu medicinischen Zwecken verwendet, indes eignet es sich nur für stabile Batterien, da es eben so wenig als das Meidinger-Element oder dessen Abänderungen bewegt werden darf

Fig. 11.



Trouvé construirte speciell für medicinische Zwecke nach Art der Daniell-Elemente eine trockene Säule. Ein solches Element besteht aus einer runden Kupfer- und aus einer ebensolchen Zinkplatte, welche durch zahlreiche Lagen von Fliesspapier von einander getrennt sind. Dieser Fliesspapiercylinder hat eine centrale Durchbohrung, durch welche eine Glas- oder Ebonitröhre gesteckt wird, an welche vorerst die beiden Platten zu befestigen sind, und durch welche sodann ein, mit der unteren Kupferplatte metallisch verbundener Ausleitungsdraht isolirt durch die am oberen Ende dieser cylin-

drischen Säule angebrachte Zinkplatte geführt werden kann. Die untere Hälfte der Fliesspapierschicht wird mit Kupfersulfatlösung, die obere Hälfte derselben mit Zinksulfatlösung getränkt und sollen diese Papierschichten vor der Zusammenstellung dieser Elemente getrocknet werden. Wünscht man das Element in Thätigkeit zu setzen, so muss es ganz in Wasser getaucht werden, bis das Fliesspapier durchtränkt ist. Wird das so behandelte Element, oder eine aus solchen Elementen zusammengesetzte Batterie, in einen Kasten möglichst dicht verschlossen, so dass die Verdunstung nach Thunlichkeit hintangehalten wird, so dauert deren Wirksamkeit ziemlich lange an. Ist ein solches Element trocken geworden, so muss es wieder in Wasser getaucht werden, bis schliesslich die Blaufärbung der unteren Hälfte des Fliesspapiercylinders, infolge des Verbrauches des Kupfersulfats, sowie wegen der Ausscheidung von Zinksulfatkrystallen, weiss geworden ist; für diesen Fall muss man das Element mit seiner unteren Hälfte in Wasser tauchen, bis dieselbe vollständig ausgelaugt ist, hernach lässt man das ganze Element trocken werden und taucht sodann die untere Hälfte desselben in eine concentrirte Kupfervitriollösung.

Während das Siemens-Halske'sche und das Trouvé'sche Element einen bedeutenden inneren Widerstand haben und sich hauptsächlich für medicinische Zwecke eignen, giengen Carrey und Reynier daran, das ursprüngliche Daniell-Element durch möglichste Verkleinerung des inneren Widerstandes auch für chirurgische Zwecke tauglich herzustellen, indem sie statt des porösen Thoncylinders ein Papierdiaphragma nahmen

und die stromgebenden Metalle möglichst nahe an einander brachten.

Reynier's Modification des Daniell'schen Elementes, eigentlich des constantesten unter allen bis jetzt construirten, participirt an diesem Vortheile, ohne die nachtheiligen Eigenschaften der sonst durch grössere Stromstärken ausgezeichneten, zumeist concentrirte Salpetersäure enthaltenden Elemente zu besitzen. Nach dem Vorgange Joule's verwendet auch Reynier anstatt der verdünnten Schwefelsäure, in welche das Zink getaucht werden soll, eine Aetznatronlösung, und um den inneren Widerstand dieser, sowie der Kupfervitriollösung möglichst herabzusetzen, mischt er diesen beiden Flüssigkeiten Metallsalze bei, wodurch die Leitungsfähigkeit derselben bedeutend erhöht wird. Die Lösungen, welche einerseits das Zink, andererseits das Kupfer umgeben, waren ursprünglich Geheimnis, wurden indes später veröffentlicht und werden nach folgenden Recepten bereitet:

A. Für die Zinkplatte:

1200	Gewichtstheile	Wasser,
300	»	Natriumcarbonat,
100	»	Kaliumcarbonat,
20	»	Kaliumchlorür,
20	»	Natriumchlorür,
20	»	Kaliumchlorid,
20	»	Natriumchlorid.

B. Für die Kupferplatte:

1200	Gewichtstheile	Wasser,
240	»	Kupfersulfat,
60	»	Kupfernitrat,

20 Gewichtstheile Kaliumchlorür,
20 » Natriumchlorür,
20 » Kaliumchlorid,
20 » Natriumchlorid,
20 » gesätt. Zinkchloridlösung,
20 » Kaliumsulfat,
20 » Natriumsulfat,
20 » Zinksulfat.

Die poröse Thonzelle ersetzt er durch ein Papierdiaphragma, das er gleich einem Filter aus einem ganzen Stücke sogenannten vegetabilischen Pergamentes durch einfaches, zweckentsprechendes Zusammenfalten, ohne es zu kleben, zu leimen oder sonst durch einen Stift oder eine Naht zu vereinigen, herstellt. Die beiden Elektromotoren Zink und Kupfer fertigt er aus entsprechenden Blechstücken, schneidet in die Fläche eines jeden zu verwendenden Blechstückes, vor dem Zurechtbiegen in die nöthige Form, je eine Lamelle ein und biegt dieselbe, zur Verbindung mit der gleichen Lamelle des anderen Stromgebers, nach aussen um, so dass vor der Verbindung der Elemente diese Lamellen gleich Ausleitungsdrähten über die Elementhöhe hervorragen. Denn ist das Element parallelopipedisch, so besteht jeder Stromgeber aus einem verticalen breiten Theile von der Höhe des Elementes, einem horizontalen, kürzeren, entsprechend dem Boden desselben und abermals einem verticalen breiten Theile von Elementhöhe; diese zwei Elektromotoren passen genau in einander und sind nur durch das Pergamentpapierdiaphragma getrennt, dessen Faltungen an die Schmalseiten zu liegen kommen. Die *Leistungs*fähigkeit eines solchen Elementes, verglichen

mit jener eines Bunsen-Elementes, des am häufigsten zu chirurgischen Zwecken verwendeten, ist aus folgender Tabelle ersichtlich:

Elemente	Constante		Arbeit in	
	Elektromotorische Kraft in Volts	Widerstände in Ohms	Kgm.	Calorien
Gewöhnl. Bunsen-Element von 20 cm Höhe . . .	1·80	0·24	0·344	0·796
Reynier's Element gleicher Form u. Grösse	1·35	0·075	0·619	1·440

Obgleich also die elektromotorische Kraft eines Bunsen-Elementes grösser ist als die des Reynier'schen, so ist doch die Leistungsfähigkeit des letzteren, wegen des bedeutend geringeren inneren Widerstandes, sowohl in Kilogrammmetern als in Calorien ausgedrückt, bedeutend grösser, als die des Bunsen-Elementes, was allein schon die Verwendung des ersteren empfiehlt, ganz abgesehen von dem Vorzuge, den dieses Element vor allen anderen mit concentrirten Säuren zu beschickenden Elementen hat.

S. Ney hat ein Zink-Kupfer-Element zusammengestellt, in welchem das Zink im Diaphragma von Salmiaklösung, das Kupfer im Glasgefässe von Kupfercarbonatlösung umgeben ist.

Weitere Modificationen des Daniell-Elementes vo Arsonval, Candido, Gaiffe, Granfeld, Jacobi, Koh

fürst, Kramer, Krüger, Lockwood, Minotto, Plush, Rollet, Terquem, Varley, Wagner und Anderen haben für medicinische Zwecke weniger Wichtigkeit.

Im Anhange liesse sich hier noch das R. Boettger'sche Zink-Antimon-Element erwähnen: Zink in Kochsalzlösung gegen Antimon in verdünnter Schwefelsäure, letzteres im Diaphragma.

Eine wirksamere Kette, als die Daniell'sche, die ebenfalls constant ist, wurde schon im Jahre 1839 von Grove construirt. Diese Kette besteht aus Zink in verdünnter Schwefelsäure im Glasgefässe gegen Platin im Diaphragma in concentrirter Salpetersäure. Da Zink vom Platin in der Spannungsreihe weiter absteht als vom Kupfer, so ist selbstverständlich die elektromotorische Kraft dieses Elementes grösser als die aller Zink-Kupfer-Elemente. Die Depolarisation erfolgt hier durch die Salpetersäure, welche zu Stickoxyd reducirt wird, das mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft Untersalpetersäure bildet, welche durch ihre lästigen braunrothen Dämpfe sich bald in unangenehmer Weise bemerkbar macht. Zudem erschöpft sich dieses Element viel rascher als das Daniell'sche und ist die Anschaffung desselben wegen des hohen Preises des Platins mit enormen Kosten verbunden.

Wöhler verwendet statt Platin das Aluminium, und ersetzt wohl mitunter auch das Zink durch dasselbe Metall. Im letzteren Falle aber nimmt er statt verdünnter Schwefelsäure eine Salzsäure- oder Aetznatronlösung.

Warrington änderte, um die Salpetersäure mit ihren unangenehmen Eigenschaften zu beseitigen, das Grove-Element dahin ab, dass er das Platin in eine Lösung von 12 Gewichtstheilen Kaliumbichromat und 25 Gewichtstheilen Schwefelsäure in 100 Gewichtstheilen Wasser tauchte (das Zink aber in verdünnter Schwefelsäure beliess).

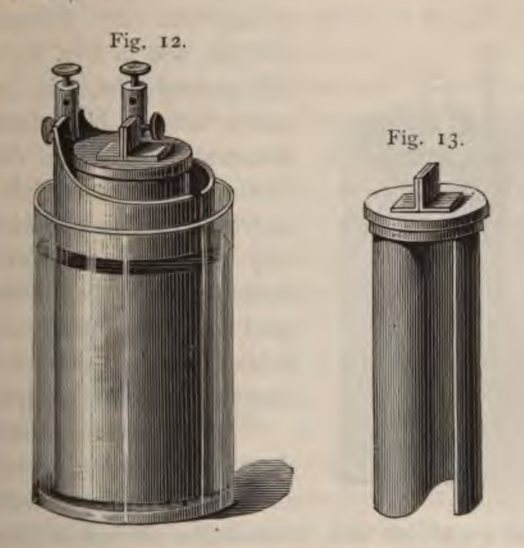


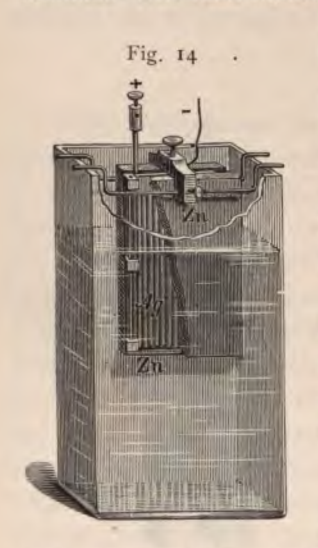
Fig. 12. Fig. 13.

Um wenigstens die lästigen Dämpfe der Untersalpetersäure möglichst hintanzuhalten, verschloss Poggendorff das Diaphragma mittels eines Specksteindeckels (Fig. 12), an dessen Unterseite das Platin befestigt war (Fig. 13), das zur Erzeugung einer grösseren Oberfläche S-förmig gebogen wurde.

Um jedoch die lästigen Dämpfe der Salpetersäur vollständig zu beseitigen, hat

Smee 1840 das Diaphragma mitsammt der Salpetersäure weggelassen und construirte eine Kette, bei welcher eine mit Platinmohr überzogene Silberplatte zwischen zwei Zinkplatten, von diesen durch Korkstückchen oder Thonkugeln etc. isolirt, in verdünnte Schwefelsäure tauchen. Um dem Platinmohr jedoch eine noch grössere Oberfläche zu geben, wird die Silberplatte der Länge nach gerippt, wie in Fig. 14 ersichtlich gemacht ist. Die Depolarisation erfolgt hier durch den Sauerstoff der Luft, der vom Platinmohr bekanntlich angezogen und verdichtet wird (Princip des Döberreiner'schen Feuerzeuges). Die Flüssigkeit wird bei längerem Gebrauche indes verändert, nämlich in eine Zinksulfatlösung umgewandelt.

Fig. 14



Da dies Element häufig von Aerzten zur Ingangsetzung von Inductionsapparaten verwendet wird, so empfiehlt sich für dasselbe ein hohes Glasgefäss, welches einerseits viel Flüssigkeit fasst und auf dessen Boden sich andererseits das Zinksulfat ansammeln kann, das mit der Zeit auskrystallisirt, während in niedrigen Gefässen, bei längerem Gebrauche die breiige Masse des Zinkvitriols öfters bis an die Stromgeber reicht. Um das Zink bis zum letzten Reste auszunützen, hat

Tyer das Smee-Element derartig abgeändert, dass er Zinkabfälle verwendet, die er in ein gewöhnliches

Glas einträgt, etwas Quecksilber darüber giesst, und in dieses Amalgam eine Zinkkugel taucht, die an einen Eisendraht angegossen ist, der mit der platinirten Silberplatte des nächsten Elementes in Verbindung steht. Weil sich indes die Silberplatte leicht verbiegt, und andererseits um die Elemente auch billiger herzustellen, wurde in der Folge das Platinmohr auf feste Platten aus verschiedenen Materialien aufgetragen. So wendete

Frommhold nach dem Vorgange des Genie-Comités in Wien (Baron Ebner) mit Platinmohr überzogene Bleiplatten statt der Smee'schen Silberplatten an.

Leiter verwendete statt derselben mit Platinmohr überzogene Kohlenplatten; auch änderte er, wie Satory, die Smee-Elemente in der Weise ab, dass er die Zinkplatten mit Quecksilber in Berührung brachte, wobei eine permanente Selbstamalgamirung stattfindet.

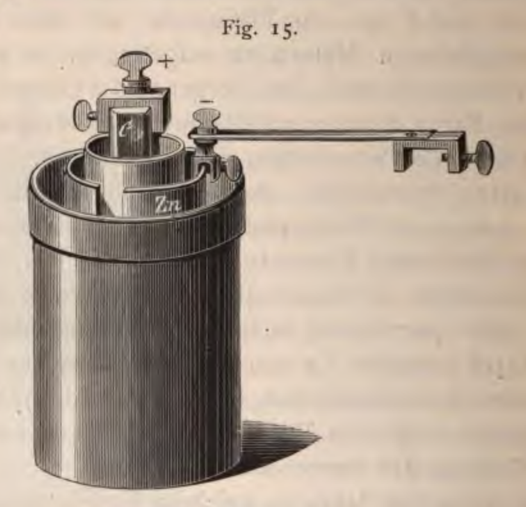
Maiche hat die Tyer'sche Modification des Smee-Elementes dahin abgeändert, dass er statt der platinirten Silberplatte nach dem Vorgange der Vorigen eine platinirte Kohlenplatte verwendet.

In demselben Jahre, in welchem Grove seine Zink-Platinkette construirte, erfand Cooper eine Zink-Kohlenkette, welche nach vielfachen Versuchen 1841 von Bunsen bedeutend verbessert und rasch als Bunsen-Element bekannt wurde.

Die Bunsen-Kette (Fig. 15) besteht aus einem Kohlenprisma oder Kohlencylinder (hier irrthühmlicher Weise mit *Cu* bezeichnet) in concentrirter Salpetersäure im Diaphragma, gegen Zink, *Zn*, in verdünnter Schwefelsäu[illegible] im Glasgefässe. Es ist dies ein zu vielen Zwecken se[illegible] brauchbares Element, das in seiner Wirksamkeit n[illegible]

wenig dem Grove-Element nachsteht, dagegen bedeutend billiger herzustellen ist, als jenes. Mit dem Grove-Element hat es leider die unliebsamen Eigenschaften der Salpetersäure gemein. Um diese letzteren möglichst zu beseitigen, wurde auch die Bunsen-Kette vielfach abgeändert.

Fig. 15.



Arsonval setzt der Schwefelsäure, um das in derselben etwa vorhandene Bleisulfat in Seifenform zu fällen, $^1/_2$ Percent Brennöl hinzu oder er ersetzt dieselbe durch Salzsäure, wodurch die elektromotorische Kraft des Bunsen-Elementes bedeutend erhöht wird (da sich an der Zellenwand Königswasser bildet).

Ferdinando Tommassi in Paris hat eine complicirte Modification des Bunsen-Elementes angegeben und dieselbe patentirt. Das Wesentliche dieser Abänderung besteht darin, dass die Thonzelle bis zur Hälfte glasirt

und nur dieser Theil derselben mit Salpetersäure gefüllt wird, die Kohle in Form eines Halbcylinders von nur halber Höhe des Elementes (somit $^1/_4$ ihres Volumens einnehmend) am Deckel derselben befestigt und daselbst neben ihr ein gleichgeformter und gleichgrosser Porzellanhalbcylinder an einem Aluminiumstabe, beweglich angebracht wird. Der Deckel, welcher nur eine verschliessbare Oeffnung zum Nachfüllen der Salpetersäure frei lässt, schliesst die Thonzelle luftdicht ab. Der Zinkcylinder befindet sich ausser dieser Thonzelle in verdünnter Schwefelsäure und wird an seiner oberen und unteren Kante von Quecksilber zum Zwecke beständiger Selbstamalgamirung umgeben. Ausserdem steht die verdünnte Schwefelsäure je zweier, nebeneinander geschalteter Elemente durch Glasheber in Verbindung, eine Vorrichtung, welche dazu dienen soll, mehrere Gefässe auf einmal füllen und entleeren, sowie die Concentration in allen Elementen gleich erhalten zu können. Wird der Porzellancylinder herabgelassen, so verdrängt er die Salpetersäure, welche in den porösen Theil des Diaphragmas steigt und die Kohle umgiebt. Soll das Element ausser Thätigkeit gesetzt werden, so wird einfach der Porzellancylinder emporgehoben.*) Unzweckmässiger Weise ist das Zink an das äussere Gefäss gekittet, was einen Wechsel desselben sehr erschwert.

Buff hat statt der Salpetersäure nach Liebig's Vorgang die Kohle in syrupdicke Eisenchloridlösung

*) Uebrigens eine Einrichtung, welche Leiter bei verschiedenen Elementen schon vor Jahren verwendet, desgleichen bereits im Jahre 1873 auf der Wiener Weltausstellung exponirt hat und welche ich in der »Wiener Med. Presse« 1875, Nr. 29—37, beschrieben habe.

getaucht, das Zink in verdünnter Schwefelsäure gelassen, später aber an deren Stelle eine Kochsalzlösung verwendet.

Bunsen, Fuller, Leeson und Poggendorff änderten die ursprüngliche Bunsen-Kette dahin ab, dass sie, um die Salpetersäure mit ihren lästigen Dämpfen zu eliminiren, die Kohle in Kaliumbichromatlösung, der Schwefelsäure zugesetzt wurde, stellten, das Zink aber in verdünnter Schwefelsäure beliessen.

Osann verwendet einen Kohlencylinder, der mit Wasser ausgelaugt, in einer Lösung von kohlensaurem Natron gekocht, ausgewaschen, getrocknet und sodann in käufliche Salpetersäure gestellt wird, bis sein oberes Ende von der Säure feucht geworden ist; dieser wird hernach ohne Diaphragma innerhalb eines Zinkcylinders aufgestellt und in das beide umgebende Glasgefäss verdünnte Schwefelsäure eingetragen.

Faure und Stöhrer verwenden Kohlenflaschen, die mit concentrirter Salpetersäure gefüllt und durch Glasstöpsel verschlossen sind, nebst Zink in verdünnter Schwefelsäure ebenfalls ohne Diaphragma.

Beard und Rockwell verwenden Zink in verdünnter Schwefelsäure gegen Kohle in Kaliumbichromatlösung im Diaphragma.

Bunsen und Buff haben das vorige Element in der Weise abgeändert, dass dieselben zur Kaliumbichromatlösung in das Diaphragma noch Schwefelsäure hinzusetzten, um die Dauer der Wirksamkeit zu erhöhen.

Grenet und Munck lassen das Diaphragma weg und tauchen Zink und Kohle in concentrirte Kaliumbichromatlösung, der Schwefelsäure zugesetzt ist.

Guignet hat ein Zink-Kohlenelement construirt bestehend aus Coaks in einer Lösung von Eisensulfat im Diaphragma gegen Zink in verdünnter Schwefelsäure.

Marié Davy änderte das Bunsen-Element dahin ab, dass er statt mit Salpetersäure, die Kohle mit einem Brei von Quecksilbersulfat umgab.

Beaufils liess das Diaphragma weg und mischte das Quecksilbersulfat mit Coaksstückchen.

Gaiffe liess auch diese weg und construirte so ein Element, welches zur Armirung von Inductionsapparaten vielfach verwendet wurde und aus einer Kohlen- und einer Zinkplatte bestand, welche von einander isolirt, in einem Hartgummitroge über einander gelagert wurden; zwischen beide kam ein Brei von Quecksilbersulfat.

Duchenne hat das Bunsen-Element in der Weise abgeändert, dass er auf die in einem Kautschukkasten befindliche und mit Wasser getränkte Kohle Quecksilbersulfat brachte, dieselbe sodann mit einem Tuchlappen bedeckte und darauf die Zinkplatte lagerte.

Stöhrer hat dies Element in der Weise abgeändert, dass er Zink und Kohlenplatten (oder einen Kohlencylinder, von einem hohlen Zinkcylinder umgeben,) in ein Gefäss mit verdünnter Schwefelsäure tauchte und der Lösung Quecksilbersulfat zusetzte.

Schwalbe hat aus Zink, Kohle und verdünnter Schwefelsäure ein Element für leicht transportable Batterien zu ärztlichen Zwecken construirt, welches durch Umlegen in Thätigkeit, durch Aufstellen aber ausser Thätigkeit gesetzt wird. Die Stromgeber sind bei diesem Elemente in eine 15 cm lange und 2 cm im Durch-

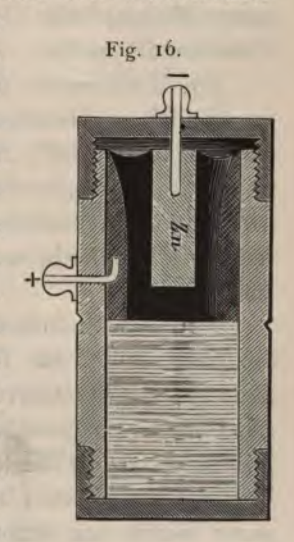
messer betragende Glasröhre untergebracht. Diese beiderseits offene Glasröhre wird mittels Kautschukstöpseln verschlossen; zur Hälfte ist dieselbe mit Kohlenstückchen gefüllt und werden dieselben von verdünnter Schwefelsäure bespült, welche eben nur bis zur Hälfte des aufgestellten Glasrohres reicht. Von den Kohlenstückchen geht ein Platindraht durch den Kautschukstöpsel als Anode nach aussen und kann zur Verbindung des Zinkstabes eines nächsten Elementes verwendet werden, welcher an derselben Seite, an der sich der Platindraht befindet, durch den zweiten Stöpsel nicht ganz bis zur Mitte des Glasröhrchens ragt. In dieser aufrechten Stellung ist der Zinkstab somit oberhalb der Flüssigkeit und es circulirt kein Strom. Legt man das Element jedoch mit der Seite, an der sich der Platin-Ausleitungsdraht und der Zinkstab befinden, um, so fliesst die verdünnte Schwefelsäure nun auch zum Zink und es entsteht ein Strom. Ein ähnliches Element, ebenfalls zu medicinischen Zwecken, hat

Trouvé angegeben. Dieses Element (Fig. 16) besteht aus einem Hartgummicylinder, der beiderseits durch aufschraubbare Hartgummideckel geschlossen werden kann. Durch einen der Deckel geht ein Zinkstab *Zn* fast bis zur Hälfte dieser Büchse. Ebendaselbst wird der Innenraum derselben bis zur Hälfte ihrer Länge von einem Kohlencylinder ausgekleidet, in dessen Axe der Zinkstab sich befindet. Bei anderen Ausführungen ragen durch den einen Deckel je ein Zink- und Kohlenstab bis zur Hälfte in die Büchse, die andere Hälfte ist mit verdünnter Schwefelsäure, der etwas Quecksilbersulfat zugesetzt wurde, erfüllt. Steht die Büchse mit den

Stromgebern nach aufwärts, so befinden sich dieselben ausserhalb der Flüssigkeit; wird sie jedoch gestürzt, so tauchen die Stromgeber in die Flüssigkeit und der Strom circulirt.

Hawkins construirte schon 1837 eine der Bunsen-Kette ähnliche, sehr wirksame Zink-Eisenkette: Gusseisenstangen in concentrirter Salpetersäure im Diaphragma gegen Zink in verdünnter Schwefelsäure, die späterhin von Poggendorff (1841) verbessert und die vielfach, besonders von Bruns verwendet wurde. Eisenketten haben vor den Grove'schen und Bunsen'schen mancherlei Vorzüge: sie sind billiger als beide genannten herzustellen, ferner ist das Eisen fester, als Platin (in dünnen Blechen, wie es zu den Grove'schen Elementen verwendet wird) und Kohle, sodann ist der innere Widerstand eines Eisenelementes geringer, als jener der beiden anderen, überdies lassen sich die Ableitungen hier besser anbringen, als am Platin oder an der Kohle, und endlich ist das Eisen nicht porös, kann also keine Salpetersäure zurückhalten und lässt sich besser und leichter reinigen, als die Kohle. Die Verwendung des Eisens als negativer Elektromotor beruht darauf, dass das Eisen in concentrirter Salpetersäure sich mit einer Oxydschicht überzieht und von der concentrirten Säure weiter nicht

Fig. 16.



mehr angegriffen wird, so lange die Dichte derselben mindestens noch 1·5 beträgt, welcher Zustand allgemein unter dem Namen der Passivität bekannt ist. Verliert aber die Salpetersäure infolge der Depolarisation nach längerem Gebrauche an Concentration und sinkt ihre Dichte auf 1·3 oder noch tiefer, so wird auch das Eisen unter Bildung von Untersalpetersäure gelöst. Diesen Uebelstande suchte

Dr. Uelsmann dadurch abzuhelfen, dass er statt gewöhnlichen Gusseisens ein Siliciumeisen benützte, welches bis zu 12% Silicium enthielt. Dieses Eisen löst sich selbst im gepulverten Zustande weder in concentrirter noch in verdünnter Salpetersäure und ist an Wirksamkeit dem Platin und der Bunsen'schen Kohle gleichzustellen.

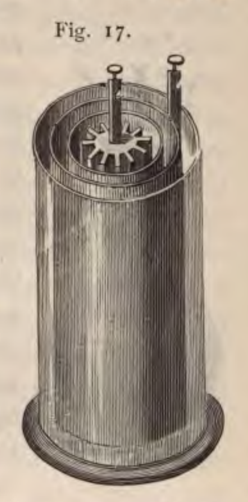
Schönbein änderte (1842) das Eisen-Element dahin ab, dass er in die Thonzelle das Zink mit der verdünnten Schwefelsäure eintrug und dieses so adjustirte Diaphragma in gusseiserne Töpfe stellte, in die er eine Mischung von 2 Theilen Salpetersäure und 1 Theil englischer Schwefelsäure brachte. Die concentrirte Schwefelsäure wurde aus dem Grunde hinzugefügt, damit sie das durch die Depolarisation gebildete Wasser binde und so das Eisen vor der Zerstörung durch eine verdünnte Salpetersäure schütze.

Callan hat das Eisen in Form eines geraden Prismas mit sternförmiger Basis verwendet. Bruns hat derartige Elemente (Fig. 17) durch lange Zeit in Verwendung gezogen, ist aber später zu der ursprünglichen Form gerader Eisencylinder mit sphärischer Basis zurückgekehrt.

Sturgeon änderte die Eisenkette dahin ab, dass er das Gusseisen in eine Flüssigkeit stellte, die aus 2 Gewichtstheilen concentrirter Salpetersäure, 4 Gewichtstheilen concentrirter Schwefelsäure und 2 Gewichtstheilen einer concentrirten Lösung von Salpeter in Wasser bestand, das Zink jedoch in verdünnter Schwefelsäure beliess.

Poggendorff construirte nach Callan's Vorgang eine Säule mit Zink in verdünnter Schwefelsäure gegen eine mit Platinmohr überzogene Bleiplatte, die in ein Gemenge von 2 Gewichtstheilen englischer Schwefelsäure und 1 Gewichtstheil concentrirter Salpetersäure tauchte.

Fig. 17.



Schon bei Besprechung der Abänderungen der Grove'schen und Bunsen'schen Kette wurde der Verwendung einer Kaliumbichromatlösung mit Zusatz von Schwefelsäure gedacht, welche in jenen Abänderungen die Salpetersäure vertreten sollte und das Platin oder die Kohle im Diaphragma umgab. Die Verwendung dieser Flüssigkeit beruht darauf, dass bei Gegenwart von concentrirter Schwefelsäure das Kaliumbichromat zum Theil in Kaliumsulfat umgewandelt und ein Theil der Chromsäure frei wird, die wegen ihres hohen Sauerstoffgehaltes die Depolarisation ermöglicht.

Grenet scheint der erste gewesen zu sein, der bei diesen Elementen das Diaphragma wegliess und eine

nach ihm benannte und weit verbreitete Kette zusammenstellte, die aus Zink und Kohlen besteht, welche in eine mit Schwefelsäure versetzte Kaliumbichromatlösung tauchen. Besonders zur Armirung von Inductionsapparaten (weniger zu wissenschaftlichen Untersuchungen als zur Verwendung in der Praxis) eignet sich das sogenannte Grenet'sche Flaschenelement (Fig. 18). Dasselbe hat ein Glasgefäss, das zur Aufnahme einer grösseren Menge Flüssigkeit in seinem unteren Theile breiter ist; an einem Hartgummi- oder Holzdeckel hängen zwei Kohlenplatten herab, welche beständig in die Flüssigkeit tauchen, während die Zinkplatte zwischen ihnen an einem Stabe verschiebbar ist, so dass sie für den Gebrauchsfall in die Flüssigkeit getaucht, sowie für die Zeit der Nichtbenützung über das Flüssigkeitsniveau gehoben werden kann. Die zu verwendende Kaliumbichromatlösung soll nach Wöhler und Buff aus 12 Gewichtstheilen Kaliumbichromat, 25 Gewichtstheilen concentrirter Schwefelsäure und 100 Gewichtstheilen Wasser bestehen.

Fig. 18.



Unzweckmässig ist es, dass die Kohlen beständig in diese Flüssigkeit tauchen; denn trotz aller theoretischen Berechnung bildet sich in der Erregungsflüssigkeit dennoch Chromalaun, welcher in den Poren der Kohlenplatten auskrystallisirt und dieselben schliesslich unwirksam macht. Um diesem Uebelstande zu steuern, änderte

Bunsen dieses Element dahin ab, dass er nicht nur das Zink, sondern auch die Kohlen beweglich einrichtete,

so dass beide für den Fall des Nichtgebrauches über das Niveau der Flüssigkeit gehoben werden konnten. Die von Bunsen angegebene Lösung besteht aus 1 Gewichtstheil Kaliumbichromat, 2 Gewichtstheilen englischer Schwefelsäure und 12 Gewichtstheilen Wasser.

In diesen und allen anderen Modificationen des Grenet'schen Elementes, welches in allen Grössen und Combinationen vielfach in Verwendung gezogen wurde, tritt jedoch bald die Polarisation in höchst störender Weise auf und das anfangs sehr wirksame Element wird allgemach schwächer und stellt mitunter im entscheidenden Momente seine Thätigkeit ganz ein. Schon ein einfaches Ausheben der Platten, besonders aber leichtes Abspülen derselben mit Wasser genügt, um die Wirkung des Elementes, wenn auch im verminderten Grade, wieder herzustellen. Die Depolarisation erfolgt nämlich durch die Chromsäurelösung nicht vollständig und Gasblasen bleiben an den Elektromotoren haften und erzeugen einen Polarisationsstrom. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, wurden von verschiedenen Seiten theils Elemente construirt, bei denen der positive Elektromotor im Verhältnisse zum negativen Stromgeber sehr klein war (Dr. Spamer), theils wurden Elemente hergestellt, in denen die Flüssigkeit während ihrer Benützung in Bewegung versetzt wurde. Am besten gelingt dies durch Einblasen von Luft (sogenannte pneumatische Elemente).

Die Verkleinerung des positiven Elektromotors wurde ausgeführt durch Anbringung dünner Zinkstäbe oder, noch besser durch Verwendung dickerer, ein bis zwei Centimeter im Querschnitt betragender, gezogener Zinkstäbe, die unten konisch abgeschrägt und mit Ausnahme

dieses kleinen Kegelmantels durch einen isolirenden Ueberzug geschützt waren. War der exponirte Theil des Zinkstabes verzehrt, so wurde einfach durch Abschaben des Ueberzuges eine neue metallische Fläche hergestellt. Diese Methode der Verlängerung der Stromesdauer Grenet'scher Elemente wurde von verschiedenen Seiten empfohlen und verschieden ausgeführt. So z. B. hat

Hirschmann in Berlin ein Grenet'sches Element gefertigt, in dem das Zink in einer unten offenen, oben luftdicht geschlossenen Hartgummiröhre untergebracht ist. Das auf diese Weise gleichsam durch eine Taucherglocke geschützte Zink wird nur so tief in die Chromsäurelösung eintauchen können, als die Luft in dieser Glocke durch das Herabsenken des Elementes in die Flüssigkeit comprimirt wird. Der Zinkstab ist an seinem oberen Ende an einen Messingstab befestigt, der durch ein luftdicht passendes Gewinde im Deckel dieses Ebonitcylinders höher oder tiefer gestellt werden kann. Ist das in die Flüssigkeit ragende Ende des Zinkstabes aufgebraucht, so wird einfach durch Herabschrauben eine neue Oberfläche desselben mit der Flüssigkeit in Berührung gebracht. Von den pneumatischen Elementen ist die Construction

Byrne's zu erwähnen. Statt der Kohle verwendete er Platin; weil dieses aber einen grossen Widerstand wegen seiner geringeren Leitungsfähigkeit setzt, hat er die Platinplatte auf eine Kupferplatte gelöthet, und diese wieder mit einer Bleiplatte bedeckt und letztere an das Platin überall genau angelöthet. Sowohl die Bleifläche als auch die Löthstellen wurden mit einem Firnisüberzuge versehen. Zwei solcher Platten stehen mit ihren

Platinblechen einander gegenüber und zwischen diesen ist die Zinkplatte, wie beim Flaschenelemente verschiebbar angebracht. Durch eine Blasevorrichtung werden die sich an die Platten niederschlagenden Gasblasen entfernt.

Leiter hat dieses Element für galvanokaustische Versuche in sehr praktischer Weise abgeändert, indem er vor allem nicht nur die Zink-, sondern auch die Platinplatten zum Herausheben einrichtete, und durch Verwendung einer grossen Flüssigkeitsmenge in eigenen Hartgummigefässen eine lange Wirkungsdauer dieser Elemente sicherte.



1868 stellte Leclanché eine Zink-Kohle-Braunsteinkette zusammen. In ein Diaphragma (Fig. 19) kommt eine von dicht zusammengepressten hanfkorn- bis erbsengrossen Gaskohle- und Braunsteinstückchen umgebene Kohlenplatte; in das Glasgefäss ausserhalb des Diaphragmas ein Zinkstab und eine concentrirte [illegible] Lösung, welche sowohl den Zinkstab als auch [illegible] Diaphragma umspült. In diesem Element [illegible] Polarisation durch den Braunstein statt und [illegible] auch durch das Ueberwiegen der Oberfläche [illegible] Stromgebers vermindert. Da dieses Element [illegible] elektromotorische Kraft als [illegible] geringerem inneren Widerstand und [illegible]

Wirkungsdauer besitzen, auch die Polarisation in denselben, zumal bei beträchtlichem äusseren Widerstande, möglichst vollständig vor sich geht, hat dieses Element rasch eine weite Verbreitung gefunden. Weil aber der Erfinder fast in allen Ländern auf diese Kette Patente genommen hatte, war die nächste Folge, dass allerlei ähnliche Zusammenstellungen als mehr oder minder glückliche Modificationen desselben auftraten. Unter diesen ist vorerst die eigens zu transportabeln Batterien für medicinische Zwecke von

Beetz in ihrer Zusammenstellung veränderte Leclanché-Kette zu nennen. Diese Modification besteht darin, dass in den Boden eines Probirgläschens ein Platindraht eingeschmolzen wird, der nach aussen sowie in das Probirgläschen ragt. Letzteres wird zum dritten Theile mit einem Gemenge aus Braunstein- und Coaksstückchen gefüllt; die Mündung der Eprouvette ist durch einen Stöpsel verschlossen, durch welchen ein Zinkstab in das Röhrchen ragt. Der noch übrigbleibende Raum wird mit concentrirter Salmiaklösung erfüllt. Die nach aussen ragenden Enden des Zinkstabes und Platindrahtes dienen zur Fortleitung. Es fallen aber die Jonen auf die Braunstein-Kohlenschicht und überziehen dieselbe, was eine bedeutende Abnahme und schliesslich die Unterbrechung des Stromes zur Folge hat. Ausserdem brechen die Gläschen leicht an den Stellen, wo die Platindrähte eingeschmolzen sind.

Die Firma Mayer & Wolf stellt derlei Elemente aus Glasröhren her, deren untere Oeffnung durch eine Metallkapsel verschlossen wird, die an die Glasröhre sorgfältig und dicht gekittet wird. Durch den Boden

dieser Metallkapsel wird sodann der vorerwähnte Platindraht geführt. Die Metalltheile dieser Verschlusskapsel werden innen und aussen durch einen dauerhaften Lackfirnisüberzug geschützt. Obgleich diese Elemente dauerhafter und wegen ihres grösseren Volumens von längerer Wirkungsdauer sind, als die Beetz'schen, so leiden sie doch auch an den Fehlern der ersteren, zumal an ziemlich bedeutender Polarisation. Aus diesen Gründen ist das von mir bereits mehrfach besprochene

Leitersche Patron-Element, zu gleichen Zwecken wie das Beetz'sche construirt, eine bessere Modification des Leclanché-Elementes. In ein oben offenes cylindrisches Gefäss aus Hartkautschuk, dessen untere Hälfte siebartig durchlöchert ist, ragt von oben ein Platindraht, um welchen hirse- bis hanfkorngrosse Braunstein- und Gaskohlenstückchen gepresst sind. Der Verschluss nach oben geschieht durch eine Deckplatte aus Ebonit, welche in die obere Mündung dieses cylindrischen Gefässes (Patrone) eingeschraubt wird. — Durch den Mittelpunkt dieser Deckplatte ragt der Platindraht nach oben, wo er an den knieförmig abgebogenen Zinkstab des nächsten Elementes gelöthet ist, während in seiner Verlängerung nach oben ein Ausleitungsstift mit dieser Löthstelle in leitender Verbindung steht. Diese so armirte Patrone kann in jedes beliebige Gefäss gestellt werden, in welches sodann concentrirte Salmiaklösung eingetragen wird. Diese umspült das Zink und dringt durch die Poren zum Braunstein und zur Kohle.

Unter den zahlreichen sonstigen Abänderungen des Leclanché-Elementes sind nur noch einige flüchtig zu berühren, so z. B. jene von

Tyer, welche aus einem Porzellangefässe, das durch eine siebartig durchlöcherte Porzellanplatte in zwei Räume getheilt ist, deren einer die Kohle, umgeben von Braunstein- und Kohlenklein, der andere das Zink und die Salmiaklösung enthält, besteht.

Marcus hat die Kohlenoberfläche möglichst vergrössert, jene des Zinkes nach Thunlichkeit verkleinert und das ganze Element durch einen Harzdeckel verschlossen.

Clark und Muirhead verfuhren ähnlich, doch überzogen sie den Braunstein noch vorher mit Platinmohr.

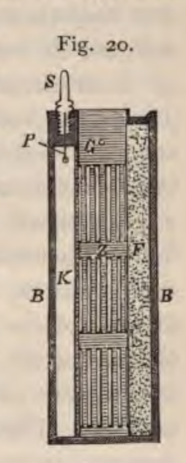
Gaiffe änderte das Leclanché-Element dahin ab, dass er die Thonzelle wegliess, dagegen in dem Kohlencylinder vier parallel mit der Axe verlaufende Bohrungen ausführte, in welche er Braunsteinkörner füllte. — Als Flüssigkeit hat er statt der Salmiaklösung eine Zinkchloridlösung gewählt.

Howel hat den entgegengesetzten Weg eingeschlagen und statt einer Thonzelle gleich deren zwei genommen. Er trägt das Zink, umgeben von Quecksilber, in eine poröse Thonzelle ein und füllt dieselbe mit Ammoniumsulfatlösung. — Diese Thonzelle steht in einer zweiten, mit Längsschlitzen versehenen Zelle, in welche verdünnte Schwefelsäure gefüllt wird. Diese geschlitzte Thonzelle steht in einem Glas- oder Steingutgefässe und der Zwischenraum zwischen beiden letzteren wird mit Braunstein- und Kohlenstückchen erfüllt.

Die beste Abänderung des Leclanché-Elementes für medicinische Zwecke ist indes die jüngste Modification derselben durch

Leiter. Bei allen bisherigen Zusammenstellungen des Braunstein-Elementes war ein Diaphragma oder ein Glasgefäss — jedes von beiden ein leicht zerbrechlicher Gegenstand — nöthig. Das Leiter'sche Element hat weder eine Thonzelle noch erfordert es ein Glas- oder Porzellan- oder Steingutgefäss, sondern ist ganz aus Hartgummi gefertigt. — In ein aufrechtes Hohlprisma von quadratischer Bodenfläche *BB* (Fig. 20), das nur oben offen ist, wird ein Hartgummicylinder *G Z*, dessen Mantelfläche drei Reihen verticaler Schlitze besitzt, eingefügt, so dass dieser geschlitzte Hohlcylinder und das parallelopipedische Gefäss ein Ganzes bilden, und zwischen der Cylinderwand einerseits und den Seitenwänden des Prismas andererseits ein Raum *F* zum Eintragen von Braunstein- und Kohlenklein übrig bleibt. In einer Ecke des Prismas ist ein Platindraht zur Ausleitung des Braunstein-Kohlenpoles an einem Kohlenstab *K* befestigt. Das obere Ende dieses Platindrahtes ist an einen runden Zinnstab *S* gelöthet und die Braunstein- und Kohlenfüllung mit einer Asphaltschicht geschlossen. In den schlitzwandigen Cylinder wird concentrirte Salmiaklösung eingetragen und der Zinkstab hineingestellt. — Bemerkenswerth ist aber noch die Verbindung der Elemente unter einander. Gerade so, wie kein Glas- und Thongefäss verwendet wurde, befindet sich auch weder am Einzelelemente noch an einer Verbindung mehrerer eine Schraube oder eine Klemme. — Der Zinkstab ist nämlich in ein unter einem rechten Winkel abgebogenes

Fig. 20.



Zinnstück von gleichem Querschnitt eingeschraubt, welches an seinem freien abgebogenen Ende einen Ring trägt. Dieser Ring ist konisch gehöhlt und passt genau auf den konischen Zapfen, der mit dem Platindrahte in Verbindung steht und die Ausleitung von dem Kohlen-Braunsteingemisch bildet. Es ist somit nur nöthig, diesen Zinkstab mit seinem abgebogenen Zinnringe einfach auf den konischen Zapfen in der Ecke des Prismas einzuhängen; da beide Theile exact gefertigt sind, zumal da sie unter demselben Winkel konisch abgedreht wurden, passen sie vollkommen metallisch aufeinander und genügt das Gewicht des Zinkstabes hinlänglich, um immer sicheren Contact zu bewirken. Zapfen und Ringe sind aus chemisch reinem Bankazinn gefertigt, welches erfahrungsgemäss unter den hier gegebenen Verhältnissen der Oxydation besser als jedes andere Metall widersteht. Diese einfache Anordnung gestattet es auch, nach jedem Gebrauche die Zusammenstellung solcher Elemente leicht auseinander zu nehmen. Die Zinkstäbe werden einfach aus der Flüssigkeit herausgehoben, abgewischt und separat versorgt, und bleiben bei dieser Vorsicht noch nach mehrwöchentlichem Gebrauche vollkommen glatt. Die Cylinderöffnung wird sodann zur Hintanhaltung von Verunreinigung durch Staub etc., sowie zur Vermeidung des Verdunstens der Flüssigkeit durch einen eingeriebenen Hartgummideckel luftdicht verschlossen. Aus solchen Elementen kann man allerorts und zu jeder Zeit eine beliebige Batterie zusammenstellen, man kann dieselbe in jedem beliebigen Kasten unterbringen und vollkommen sicher transportiren, was bei keinem der bisher besprochenen Elemente möglich war. Die grossen

Vortheile dieses Elementes gegenüber allen anderen treten indes erst bei der Zusammenstellung von Batterien aus solchen Elementen zu Tage, weshalb dieselben dort noch erwähnt werden sollen.

Den Modificationen des Leclanché-Elementes lässt sich zum Schlusse das von Alfred Niaudet construirte Chlorkalkelement anreihen. Es ist auch ein Zink-Kohlenelement. Der Kohlenstab ist, wie bei den Leclanché-Elementen von Kohlenklein und einer Thonzelle umgeben, und steckt mit dieser Zelle noch in einer zweiten Zelle, welche Chlorkalk enthält und mittels eines, mit Pech ausgegossenen Deckels, luftdicht geschlossen wird. Das Zink taucht in eine Kochsalzlösung, welche diese äussere Thonzelle umgiebt. Die unterchlorige Säure des Chlorkalkes bewirkt die Depolarisation, da ihre beiden Bestandtheile sich mit Wasserstoff vereinigen und Salzsäure und Wasser bilden. Die Salzsäure greift das Zink an nnd erzeugt lösliches Zinkchlorid und mit Kalk ebenfalls lösliches Calciumchlorid, welche Lösungen aber zu den besten Leitern gehören. Der Zinkverbrauch ist ein geringer, da er nur während des Schlusses des Elementes vor sich geht. Indes geht die durch den Chlorkalk vermittelte Depolarisation doch nicht so rasch und vollständig vor sich, wie etwa im Daniell-Elemente.

Neuerdings wird eine einfachere Zusammenstellung dieses Elementes ausgeführt. In eine poröse Zelle aus Thon, Pergament, Asbest etc. (Fig. 21) kommt ein Kohle[illegible] prisma, das von Kohlenklein und Chlorkalk schichtenwei[illegible] umgeben ist. Diese Zelle wird, von einem Zinkcylind[illegible] der durch Holzklötzchen von ihr entfernt gehalten u[illegible] durch Bindfäden in dieser Entfernung fixirt wird, u[illegible]

geben, in ein Glasgefäss gestellt und in dieses Salzwasser eingetragen. Das ganze Gefäss wird bis auf eine Oeffnung zum Nachfüllen des Salzwassers verschlossen.

Warren de la Rue, Pincus und H. Müller haben fast gleichzeitig ein Zink-Chlorsilberelement erfunden, das concentrirte Kochsalzlösung als flüssigen Zwischenleiter besitzt. Diese Elemente sind in ihrer Ausführung mannigfach verändert worden.

Fig. 21.



Gewöhnlich befindet sich das Silberchlorid auf einem Platinschälchen am Boden eines Probirgläschens, das Zink im Deckel der Eprouvette. Diese Elemente lassen sich allerdings leicht zu transportablen Batterien vereinigen; allein der Umstand, dass der Platindraht in den Boden der Eprouvette eingeschmolzen werden muss, erfordert eine sehr zarte Behandlung dieses Elementes. Uebrigens sind diese Elemente sowohl was ihre erste Anschaffung anbelangt, als auch betreff ihrer Erhaltung so enorm theuer, dass sie schon aus diesem Grunde wohl nie eine bedeutende Verbreitung gewinnen können. Dasselbe muss den

Gaiffe'schen Zink-Chlorsilberelementen nachgesagt werden. Eigentlich sind dies die compendiösesten Elemente, welche bisher construirt wurden: An der Unterseite des Deckels einer kleinen cylindrischen Büchse aus Hartgummi ist eine Zinkplatte befestigt, darauf kommt ein mit Chlorzinklösung befeuchtetes Fliesspapier von gleicher Grösse und auf dieses eine gegossene Chlorsilberplatte. Durch den Deckel der Büchse sind zwei Stifte luftdicht geführt, die als Ausleitungen jener beiden Elektromotoren fungiren. Diese Büchsen werden luftdicht geschlossen, erfordern weiters keinerlei Aufmerksamkeit und liefern einen durch circa 60 Stunden dauernden Strom. Nicht billiger dürfte eine andere Ausführung dieses Elementes, ebenfalls von

Fig. 22.

Gaiffe (Fig. 22) zu stehen kommen: In einem Hartgummicylinder *S T* hängen am Deckel *G H*, welcher den Cylinder luftdicht abschliesst, durch die Schrauben *V V'* daselbst festgehalten, die beiden Elektromotoren *Z Y*. *Z* stellt einen Zinkstab dar, *Y* hingegen einen mit geschmolzenem Chlorsilber gefüllten und mit Leinwand eingehüllten Kupfertrog. Durch kurze Kautschukrohrstücke *l r* werden die beiden Elektromotoren in entsprechender Entfernung von einander erhalten und durch das Gummiband *I K* in dieser Entfernung fixirt. Zur Füllung dient verdünnte Schwefelsäure oder Kochsalzlösung.

Unter den Chlorsilberelementen sei noch ein Element angeführt, das in die Reihe der sogenannten trockenen Elemente gehört; es ist dies das patentirte Element v

Gregoire Scrivanow. Es besteht aus einer Kohlen- oder Graphitplatte, einer sorgfältig amalgamirten Zinkplatte und einer zwischen beide einzutragenden depolarisirenden, teigartigen Schicht. Dieser depolarisirende Teig wird aus 40 Gewichtstheilen Mercurammoniumchlorid, 12 Gewichtstheilen Chlornatrium und 1 Gewichtstheil Chlorsilber bereitet.

Man stellt das Mercurammoniumchlorid in der Weise dar, dass man 4 Gewichtstheile einer concentrirten Lösung von reinem Ammoniumchlorid mit 1 Gewichtstheile Quecksilberoxyd durch fünf Stunden in einer Porzellanschale kocht, sodann geringe Mengen von Zinkchlorid zusetzt, bis sich ein schwach graugefärbter Niederschlag bildet. Dieser wird auf das Filter gebracht, stark mit Wasser gewaschen, getrocknet, geschmolzen und grob gestossen und bildet so ein ganz bestimmtes dauerhaftes Präparat. Diesem Salze fügt man eine schwache Chlorzinklösung so lange hinzu, bis sich ein consistenter Teig bildet. Die übrigen Substanzen (Chlornatrium und Chlorsilber) werden in einem Mörser gut verkleinert und innig mit diesem Teige vermengt. Die Kohlenplatte wird gut paraffinirt, von diesem Teige auf ihrer ganzen Oberfläche eine 1—2 mm dicke Schicht aufgetragen und diese sodann mit 5—6 Lagen schwedischen Filtrirpapieres, welches vorher in einer Mischung gleicher Theile Chlorzink- und Chlornatriumlösung getaucht wurde, bedeckt. Dieses Fliesspapier wird am Kohlenrande durch Paraffin befestigt; die Zinkplatte wird nun auf die so präparirte Kohlenplatte gebracht und das Element ist fertig. Es soll sehr constant sein und bei sehr geringem inneren Widerstande eine Potentialdifferenz von 1·3 Volts besitzen.

Die schon mehrfach besprochene lästige Polarisation, welche bei allen bisher beschriebenen Elementen möglichst zu beseitigen ist, machte Julius Thomsen in Hamburg 1865 nach Grove's Vorgang (im Jahre 1829) zum Principe der Construction einer Kette, der sogenannten Polarisationskette: Zwei Platinplatten tauchen in verdünnte Schwefelsäure und stehen mit den Polen eines Elementes oder einer kleinen Batterie von geringem inneren Widerstande und grosser elektromotorischer Kraft in Verbindung. Hiedurch werden die Platinplatten polarisirt, d. h. an der Oberfläche jener Platte, welche mit der Kathode verbunden ist, scheidet sich Wasserstoff ab, wogegen an der Oberfläche der mit der Anode verbundenen Platte sich Sauerstoff ablagert. Wird das polarisirende Element entfernt und man verbindet nun die beiden Platinplatten, so kreist durch diesen Schliessungsbogen der Polarisationsstrom in entgegengesetzter Richtung von dem polarisirenden.

Viel Interesse erweckten in der letzten Zeit die Polarisationselemente von Gaston Planté, auch Secundärelemente oder Accumulatoren genannt. Da dieselben bereits mehrfach zu Heilzwecken herangezogen wurden und Apparate dieser Art jedenfalls auch für manche Zwecke des Arztes eine Zukunft haben, soll hier das Princip, nach welchem sie construirt werden, Erwähnung finden. Vor Planté haben sich schon Ritter in Liegnitz und Sinsteden (1854) mit derlei Constructionen befasst und auch praktische Resultate erzielt, doch gelang es erst 1859 Planté, den von ihm nach demselben Principe construirten Elementen eine geeignete Form zu geben und deren praktische Verwerthung anzu-

bahnen, wodurch sie auch bald eine grosse Verbreitung erfuhren. Der Grundgedanke, nach dem diese Elemente gebaut werden, beruht darauf, dass Blei, in Schwefelsäure unlöslich, unter dem Einflusse des elektrischen Stromes sehr leicht eine sehr sauerstoffreiche Verbindung, nämlich das Bleihyperoxyd bildet. Das Element selbst wird nach dem Principe von Hare's Deflagrator zusammengestellt, nur dass statt der Kupfer- und der Zinkplatte hier zwei Bleiplatten (Fig. 23) durch je zwei

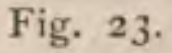


Fig. 23.



Kautschukbänder von einander getrennt über einen Holzstab zusammengerollt werden. Die Bleiplatten haben je an einer Seite eine aus demselben Stücke geschnittene Fahne zur Verbindung mit den Polklemmen. Diese Bleidoppelspirale wird nun in ein Glas- oder Steinzeuggefäss gestellt, dieses mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt und die Polklemmen der beiden Bleifahnen mit einer Stromesquelle, beispielsweise mit zwei Bunsen-Elementen, verbunden. Durch diesen elektrischen Strom findet eine Zersetzung des Wassers der verdünnten Schwefelsäure, in welche die beiden Bleiplatten tauchen,

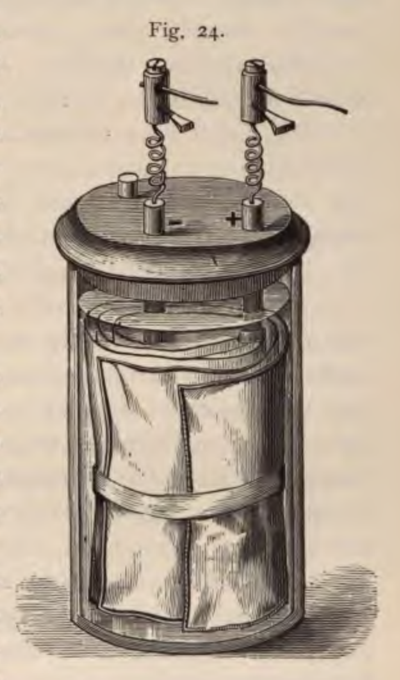
statt. Die eine Bleiplatte, welche mit dem positiven Pole verbunden ist, wird von dem sich daselbst abscheidenden Sauerstoffe oxydirt, während der Wasserstoff sich zur Kathode begiebt und diese, falls sie oxydirt wäre, reducirt. Diese Veränderung der beiden Bleiplatten geschieht durch den polarisirenden oder primären Strom. Entfernt man nun diesen und verbindet die beiden Bleipole durch einen Schliessungsbogen, so erhält man einen secundären Strom, der in entgegengesetzter Richtung vom primären verläuft. Es ist nämlich nicht Elektricität aufgespeichert worden, wie vielfach fälschlich berichtet wird, sondern chemische Energie, welche sich nunmehr in Elektricität umwandelt. Denn bei Berührung der beiden so veränderten Bleiplatten mit verdünnter Schwefelsäure wird wie in einem galvanischen Elemente ein Strom entstehen und wird infolge der Einwirkung desselben auf den flüssigen Zwischenleiter abermals eine Veränderung der Oberfläche der Platten stattfinden, indem das Bleisuperoxyd reducirt und die metallische Bleiplatte oxydirt wird. Indessen verlaufen diese chemischen Processe nicht so einfach, sondern während der Ruhepause kommt es noch günstigerweise zur Bildung von Bleisulfat, welches die Aenderung des Zustandes der Platten nach der Ladung, die auch ohne Schluss bei Berührung mit der verdünnten Schwefelsäure vor sich gehen würde, hindert und die plötzliche und rasche Entladung dieses Elementes verzögert. Durch Untersuchungen mitHilfe des Voltameters wurde festgestellt, dass dieses Element etwa 90% des Ladungsstromes wiedergiebt.

F a u r e hat die Leistungsfähigkeit eines solchen A c c u m u l a t o r s, wie er berichtet, auf das vierfache ver-

grössert, indem er die Bleiplatten mit einer dicken Lage von Mennige bedeckte und sodann erst die Platten rollte. Nach einer Ladung geht die Beschickung der einen Platte ganz und gar in Bleisuperoxyd über, während der Ueberzug der anderen Platte zu metallischem Blei reducirt wird. Nach der Entladung findet man wieder die Superoxydschicht stark reducirt, während andererseits das reducirte Blei abermals oxydirt wurde. Auch hier findet noch die Bildung von Bleisulfat und dessen Zersetzung und Reduction zwischen jeder Ladung und Entladung statt. Der Vorzug dieses Elementes vor dem Planté'schen ist einleuchtend. Bei dem Planté'schen musste erst durch Einwirkung des Stromes nach häufigen Ladungen und Entladungen sich an der Oberfläche der Bleiplatten eine schwammige Bleischicht bilden, welche eine intensivere chemische Action, somit längere Dauer der Ladung, sowie auch eine länger andauernde Verwendbarkeit des Elementes während der Entladung ermöglichte. Diesen Bedingungen ist indes bei dem Faure'schen Elemente schon von Anfang an entsprochen. Die Mennige wird in Breiform auf die Platten gebracht, dieselben mit Pergamentpapier und Flanell bedeckt, letzteres um jede Platte am Rande zusammengenäht, beide Platten sodann durch Gummibänder von einander isolirt und in der angegebenen Weise über einen Holzstab zusammengerollt. Diese Spirale kommt ebenfalls in ein Gefäss mit verdünnter Schwefelsäure. Fig. 24 zeigt eine derartige Zusammenstellung. Faure kann angeblich in einem 75 Kg schweren Apparat so viel chemische Energie aufspeichern, dass dieselbe wieder in Elektricität umgesetzt, der Arbeit

einer Pferdekraft während einer Stunde entspricht. Die elektromotorische Kraft dieses Apparates beträgt 2·25 Volts. Diese Elemente sind rasch nach allen Richtungen hin studirt worden, und ist man über dieselben ziemlich orientirt. Auch sind dieselben, wie ja zu erwarten stand, vielfach modificirt und abgeändert worden, so dass dermalen bereits ein ganzes Heer verschiedener Secundärelemente und Accumulatoren existirt. Da die Faure'schen Elemente kurz nach ihrem Bekanntwerden allgemeines Interesse erregten, wurden dieselben commissionell geprüft, und legte Tresca in der Sitzung vom 10. März 1882 der Académie des Sciences einen Bericht über die Ergebnisse der Untersuchungen vor, welche mit Faure'schen Accumulatoren im Conservatoire des Arts et Métiers gemacht worden sind. Das Resultat dieser Untersuchungen bestand darin, dass beim Gebrauche des Faure'schen Accumulators 40% der gelieferten Arbeit verloren gehen, dass also von der zur Ladung verwendeten Elektricität nur 60% bei der Entladung geliefert werden. Dieser Verlust wird

Fig. 24.



indes in vielen Fällen durch den Vortheil aufgewogen, eine reichliche Elektricitätsquelle bei der Hand und zur Verfügung zu haben.

Vielleicht dürften diese Elemente alle übrigen in der Zukunft verdrängen; sie entwickeln keine lästigen Dämpfe, können ihre chemische Energie von einer Dynamomaschine erhalten und setzen dieselbe nach Bedarf in elektrische Energie um.

Die bisher zu medicinischen Zwecken abgeänderten Accumulatoren haben indes nicht den Erfolg erzielt, den derlei Apparate sonst factisch hatten. Allerorten wird berichtet, dass so und soviel Glühlichtlampen durch 10—12 Stunden und selbst darüber unausgesetzt durch Planté'sche oder Faure'sche Accumulatoren in Thätigkeit gesetzt wurden. Allein es werden zu diesen Zwecken auch so viele Accumulatoren und von solcher Grösse und von solchem Gewichte in Verwendung gezogen, dass sie nie und nimmer ein Arzt etwa benützen könnte. Die von Planté für galvanokaustische Zwecke gebauten Accumulatoren eignen sich gerade für kleinere, kurz andauernde Operationen oder zur Instandsetzung des Trouvé'schen Polyskops, zu dessen kurzdauernden Glühwirkungen. Allein mit so einem Instrumente durch eine Stunde unausgesetzt arbeiten zu können oder ein brauchbares Endeskop mit diesen Accumulatoren in Thätigkeit zu setzen, das eine lange Dauer der Verwendung gestatten würde, war bisher eben so wenig möglich, als grössere galvanokaustische Brenner für länger andauernde Operationen erglühen machen zu können.

Indes ist es nicht zu bezweifeln, dass durch zweckentsprechende Modificationen die Accumulatoren auch

diesen Zwecken werden einst dienstbar gemacht werden können. Aus diesem Grunde habe ich mich auch begnügt, hier nur die Principien der Construction und Wirkung dieser Apparate anzuführen, und verweise, was deren genauere Behandlung betrifft, auf den IV. Band dieser Bibliothek.

VI.

In der Elektrotherapie verwendbare galvanische Batterien und Hilfsapparate.

In der Heilkunde werden galvanische Batterien nach verschiedenen Gesichtspunkten benützt und zwar erstlich in der Elektrotherapie zur directen Anwendung des Batteriestromes auf die unverletzte Körperoberfläche des Menschen, sodann zur Ingangsetzung von Inductionsapparaten und endlich in der Chirurgie zur Galvanokaustik und Elektrolyse.

Gleichwie indes die galvanischen Batterien zu differenten gewerblichen und technischen Zwecken ganz verschieden zusammengestellt werden müssen, so ist es auch selbstverständlich, dass zu den genannten drei Anwendungen der Elektricität ebenfalls verschiedene Elemente in differenter Schaltung zu Batterien zu vereinigen sein werden.

Was die directe Anwendung der Elektricität in de[r] Heilkunde anbelangt, so erhellt aus dem bereits Gesagte[n] dass durch die Einschaltung des menschlichen Körpe[rs]

ein sehr grosser äusserer Widerstand von der Batterie zu überwinden sein wird, und es werden für diesen Zweck Batterien aus vielen kleinen Elementen mit grossem inneren Widerstande in Verwendung kommen.

Zur Armirung von Inductionsapparaten genügt ein grossplattiges Element oder eine Verbindung von zwei oder drei Elementen mit nicht bedeutendem inneren Widerstande. Im Allgemeinen ist wohl ein jedes derartiges Element hiezu geeignet und kann auch in der Praxis verwendet werden; zu wissenschaftlichen Zwecken jedoch muss ein zum Inductionsapparate passendes Element in Verwendung gezogen werden, und wird hierüber Näheres im Capitel über Inductionsapparate nachgetragen werden.

Zu galvanokaustischen und elektrolytischen Operationen endlich, wobei es auf eine dauernde und kräftige Glühwirkung oder eine beträchtliche chemische Action ankommt, werden durchwegs Batterien aus grossplattigen Elementen mit geringem inneren Widerstande verwendet.

Das Armamentarium eines Arztes wird somit eine Batterie aus zahlreichen kleinen Elementen, eine kleine Säule aus 1 bis 2 Elementen mit nicht bedeutendem inneren Widerstande und dann noch eine Batterie aus grossplattigen Elementen mit thunlichst geringem inneren Widerstande und möglichst bedeutender elektromotorischer Kraft umfassen.

Mit diesen Elektricitätsquellen können auch alle möglichen anderen explorativen und diagnostischen Instrumente in Thätigkeit gesetzt, sowie auch das elektrische Licht zu diagnostischen Zwecken erzeugt werden.

Hier sind zuvörderst die in der Elektrotherapie verwendbaren galvanischen Batterien, auch kurzweg Batterien für den constanten galvanischen Strom genannt, sowie die übrigen in der Elektrotherapie nothwendigen und mit diesen Batterien zumeist vereinigten Hilfsapparate zu erörtern. Da indes der Werth mancher Batterie von der mehr oder weniger zweckmässigen Verbindung mit diesen unentbehrlichen Hilfsmitteln, sowie von der Art der Ausführung derselben abhängt, so müssen diese Hilfsapparate der Besprechung der Batterien vorangeschickt, sowie auch die Bezeichnung derselben als Batterien für den constanten Strom mit einigen Worten näher präcisirt werden.

1. Constanter Strom.

Wie bereits angedeutet, ist für die directe Anwendung des galvanischen Stromes in der Elektrotherapie unter den Aerzten die Bezeichnung: der Anwendung des constanten galvanischen Stromes (wohl im Gegensatze zur Inductionselektricität) geläufig. Es ist diese Bezeichnung indes nicht glücklich gewählt und zwar schon darum, weil auch bei Behandlung mit directem Batteriestrome letzterer meist mit Unterbrechungen benützt wird; denn die Elektroden bleiben nicht immer permanent ruhig auf dem betreffenden Körpertheile liegen (stabile Ströme), sondern eine Elektrode wird, wie in der Einleitung erwähnt wurde, häufig hin und her bewegt (labile Ströme), und dadurch ändern sich die Widerstände, ganz abgesehen davon, dass häufig Stromeswendungen (Volta'sche Alternativen) benützt werden. Allein auch

dort, wo die Elektroden stabil aufliegen, bleibt der Strom nicht constant. Denn angenommen, dass die Batterie auch einen absolut constanten Strom liefert, so werden durch die Einschaltung des menschlichen Körpers verschiedene und zwar wechselnde Widerstände in den Stromeskreis einbezogen. Die Epidermis setzt anfangs einen sehr grossen Widerstand entgegen, durchfeuchtet wird sie dagegen in gewissem Grade leitungsfähig, ihr Widerstand nimmt also bedeutend ab; ausserdem werden wechselnde Widerstände durch starke oder minder starke Durchtränkung der Elektroden, durch intensiveres oder minder intensives Aufdrücken derselben auf die Applicationsstellen, durch Polarisation in den vom Strome durchflossenen Geweben oder an den Elektroden, sowie durch die, infolge der Einwirkung der Elektricität auf den menschlichen Körper selbst, sowie durch Circulationsänderung bedingten Veränderungen der Leitungsfähigkeit an der Applicationsstelle, sowie durch noch manch' andere Momente bedingt.

Aus alledem geht hervor, dass die Aerzte in Wirklichkeit fast nie constante Ströme anwenden. Daher geht auch das Bedürfnis derselben nicht nach absolut constanten Batterien, wie sie beispielsweise der Physiker mitunter braucht, sondern nach Batterien, welche zuverlässig und dauernd wirken, die aber auch inconstant sein können. Nur dürfen sie nicht theuer sein, sich leicht auseinander nehmen und wieder zusammensetzen lassen, das Verbrauchte muss leicht ersetzbar sein und vor Allem muss die Abstufung des Stromes (die Stromeswahl) auf eine zweckmässige, praktische und sichere Weise ermöglicht sein.

Die Bezeichnung: »Constanter Strom« hat die Elektrotechniker, welche berufen waren, die Apparate zu Heilzwecken herzustellen, bisher oft irregeführt und sie haben manchen Vortheil dieser nicht einmal geforderten Eigenschaft willen bei der Construction von Batterien zu medicinischen Zwecken geopfert. Statt der Bezeichnung: »Constanter Strom« hätte man vielleicht durchwegs: »Batteriestrom« setzen können, wenn nicht diesbezüglich eine Confusion eingetreten wäre, indem von einigen Seiten, z. B. von Clemens, diese Bezeichnung für die Anwendung der statischen Elektricität (Leydner Batterie) benützt worden wäre.

Am besten liesse sich für die directe Verwendung der Elektricität in der Elektrotherapie die Bezeichnung: »Remakisation« nach dem Vorbilde der Faradisation und der Franklinisation einführen, indes ist hiefür die Bezeichnung »Galvanisation« gebräuchlich.

2. Verbindung der Elemente.

Die Batterien für elektrotherapeutische Zwecke werden bekanntlich durch ungleichnamige Schaltung der Elemente hinter einander (auf Spannung oder Intensität) hergestellt. Hiebei kommt es vor allem Anderen auf die Art der Verbindung der einzelnen Elemente an. Am zweckmässigsten ist jene Art der Verbindung der Elemente unter einander, wobei keinerlei Schrauben oder Klemmen zur Verwendung kommen, wie dies bei den Batterien aus Daniell'schen Elementen der Fall ist. Dort ist nämlich immer ein Zinkblock oder Zinkcylinder

mittels eines Kupferstreifens an einen Kupfercylinder gelöthet; der Kupfercylinder kommt beispielsweise in ein Glasgefäss des einen Elementes, der Zinkblock dagegen in die Thonzelle des nächsten Elementes, so dass nur der erste Zink- und der letzte Kupfercylinder Klemmschrauben für die Ableitung der Pole erhalten.

Dies ist indes auch bei anderen Elementen durchgeführt worden, so z. B. von Leiter bei seinen Patronelementen, allwo die Ableitung von der Kohle durch einen Platindraht besorgt ist, der an einen Zinkstab angelöthet wird, welcher abgebogen, zugleich als positiver Elektromotor für das nächste Element dient. Auch bei seiner letzten Modification der Leclanché-Elemente hat Leiter eine zweckmässige Einrichtung getroffen, die einzelnen Elemente in beliebiger Weise schalten zu können, ohne eine Schraube oder Klemme anzuwenden, indem er die Zinke, wie bereits erwähnt, mit konischen Zinnringen versah, die auf die konischen Zinnzapfen, die mit den Kohlen durch Platinschlingen verbunden sind, einfach aufgesteckt werden und hinreichenden Contact besitzen.

Misslich ist es schon, wenn von einem Elektromotor ein Draht oder ein Metallstreifen abgeht, der dann mit der Ableitung des anderen Elektromotors durch eine Klemmschraube verbunden werden soll, wie dies bei einer grossen Anzahl von Elementen nöthig wird.

Am misslichsten aber ist es, wenn beide Elektromotoren Klemmen tragen und durch einen entfernbaren Schliessungsbogen erst verbunden werden müssen, wie dies beispielsweise bei den meisten Zink-Kohle-, Zink-Eisen- und anderen Ketten der Fall ist.

Weniger zuverlässig dürfte auch die Schaltvorrichtung sein, die Heller in Nürnberg an seiner Batterie angebracht hat, um die Zinke und Kohlen leicht entfernen zu können. An der unteren Fläche des entfernbaren Deckels seiner Batterie befinden sich nämlich mit den auf der Oberseite desselben angebrachten Ausleitungen der einzelnen Elemente verbundene zweiarmige Federn, welche beim Zudrücken des Deckels die Verbindung je zweier Elemente herstellen.

Selbstverständlich wird jene Schaltvorrichtung die beste sein, bei der die wenigsten Schrauben und Klemmen in Verwendung kommen, weil hiedurch die geringste Zahl von Contactpunkten gegeben, also auch die grösste Sicherheit gegen eine Stromesunterbrechung durch Oxydation eines solchen Contactpunktes oder durch mangelhafte Function einer Schraube vorhanden ist. Aus diesem Grunde werden die Zinkelektroden oft durch Umgiessen um die Kohlen mit diesen unverrückbar verbunden oder aber die Contactpunkte zur Sicherheit gegen Oxydation mit Platinüberzügen versehen.

Unzweckmässig ist jedoch die Verbindung der Elemente, wie sie in der Trouvé'schen Modification der Callaud'schen Elemente (Fig. 25) beliebt wurde, wo der Kupferdraht, der an den Zinkcylinder gelöthet ist, an seinem freien Ende spiralförmig gewunden und auf den Ableitungsdraht der Kupferspirale einfach aufgesteckt wird. Auch die Ableitung der beiden Pole von der Batterie geschieht daselbst durch einfache Drahtklemmen, aus deren Zeichnung schon der mangelhafte Contact ersichtlich ist.

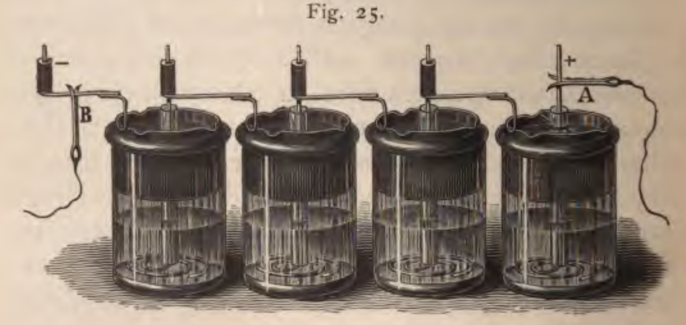
Durch eine Klemme wird beim Anziehen der Schraube wenigstens die oberflächliche Oxydschicht entfernt, indem

sich die Schraubenspindel förmlich in den Draht einbohrt, hier aber ist einerseits der Contact nur auf Contactpunkte beschränkt, andererseits reicht die Einrichtung nicht aus, um die leicht oxydirte Oberfläche an der Luft befindlichen Kupfers blank herzustellen.

3. Füllung und Entleerung der Batterie.

Manche Batterien bleiben beständig gefüllt, so z. B.

Fig. 25.



die meisten Abänderungen des Daniell-Elementes, also Batterien, welche Siemens-Halske'sche, Meidinger'-sche, Callaud'sche etc. Elemente enthalten, während Batterien aus Daniell-Elementen selbst, fast täglich auseinander genommen und frisch gefüllt werden müssen. Desgleichen müssen alle Batterien, welche Elemente enthalten, die mit Salpetersäure beschickt werden, für jeden Gebrauch gefüllt und entleert werden.

Jedenfalls müssen die Elemente, welche beständig gefüllt bleiben, eigens beschaffen sein, wie z. B. das *Siemens-Halske*'sche, wo das spärlich sich entwickelnde

Zinksulfat wegen der dicken Papiermaché-Schicht gar nicht zur Thonzelle vordringen und ihre Poren verlegen kann. Andererseits ist die Wirkung frisch gefüllter Elemente eine intensivere und zuverlässigere und wird hiebei die Batterie mehr geschont und zugleich an Material weniger verbraucht, als wenn dieselbe beständig gefüllt bleibt.

Da das Füllen und Entleeren jedes einzelnen Elementes umständlich und zeitraubend ist, war man seit jeher bedacht, eine Methode zu ersinnen, welche es ermöglicht, alle Elemente einer Batterie auf einmal zu füllen und zu entleeren. Bei Elementen mit einer Flüssigkeit ist dies jedenfalls dadurch leicht ausführbar, dass man alle Elektromotoren in einen Rahmen oder in einen anders gestalteten Elemententräger einhängt und diesen Elemententräger zum Höher- und Tieferstellen einrichtet. Es können auf diese Weise sämmtliche Elemente auf einmal in die gefüllten, unter ihnen stehenden Glasgefässe herabgelassen oder aber aus denselben herausgehoben und dieser Träger irgendwie oberhalb der Zellen fixirt werden. Andererseits kann aber auch die Einrichtung getroffen sein, dass sämmtliche Elemente an einem fixen Elemententräger befestigt sind, die gefüllten Zellen dagegen, die auf einem Brette stehen, zu den Elektromotoren emporgehoben oder herabgelassen werden können. Dies ist das Princip sämmtlicher Tauchbatterien; die erste derartige Hebevorrichtung scheint von Wollaston 1815 an seiner Batterie ausgeführt worden zu sein.

Bei den Grenet'schen Flaschenelementen tauchen die Kohlen beständig in die Flüssigkeit und nur die Zinke

sind an Stangen herausziehbar. Auch dieses Princip wurde bei manchen Batterien verwerthet und gestattet wohl die rasche Einschaltung einer beliebigen Zahl von Elementen, hat aber andererseits den Nachtheil, dass die Poren der Kohle durch das beständige Eintauchen in die Flüssigkeit nach und nach verlegt werden und so die wirksame Oberfläche derselben mit der Zeit eine bedeutende Verminderung erfährt.

Eine andere Art rascher Füllung und Entleerung einzelner Elemente beruht darauf, die Gefässe für den flüssigen Zwischenleiter eines jeden Elementes nur zur Hälfte zu füllen, die Stromgeber in der oberen Hälfte dieses Gefässes unterzubringen und neben denselben einen beweglichen Körper aus Porzellan oder Hartgummi etc. anzubringen, der, herabgelassen, die Flüssigkeit verdrängt, so dass dieselbe zu den Stromgebern aufsteigen muss und das Element gefüllt erscheint; durch ein einfaches Hinaufziehen dieses Verdrängers sinkt die Flüssigkeit in den untern Raum und das Element ist ausser Thätigkeit. Batterien aus solchen Elementen wurden beispielsweise von Leiter auf der Wiener Weltausstellung 1873 exponirt und von mir in der »Wiener medicinischen Presse« 1875 beschrieben. *) Neuerdings finden wir eine gleiche Art der Füllung und Entleerung in der Batterie von Tommassi (patentirt).

Eine andere Art der leichten Füllung und Entleerung der Batterie beruht auf der Verwendung von

*) Studien über transportable elektrische Batterien von Dr. Rudolf Lewandowski, k. k. Oberarzt an der elektrotherapeutischen Abtheilung des Garnisonsspitales Nr. I, in der »Wiener medicinischen Presse« 1875, Nr. 29—37.

Winkel- oder Sturzzellen. Ich fand zuerst derlei Zellen von dem Amerikaner Jerome Kidder ausgeführt. Die Flüssigkeitsbehälter seiner Batterie bestanden für jedes Element aus zwei Schenkeln, die fast senkrecht zu einander gestellt waren und mit einander communicirten. Der offene Schenkel wurde durch einen festschliessenden Deckel obturirt, der an seiner Unterfläche die Stromgeber enthielt, die in dem Schenkel bis zur Knickungsstelle hinabreichten; oberhalb des Knickungswinkels waren diese Elemente um eine quere Axe beweglich eingerichtet, so dass in der einen Stellung die Stromgeber vertical standen und von der Flüssigkeit umspült wurden, in der andern Stellung aber die Stromgeber horizontal standen und die Flüssigkeit den verticalen Schenkel erfüllte. Aehnliche Winkelzellenbatterien hatte Leiter bereits vor 15 Jahren construirt, und ich habe eine dieser Constructionen in Nr. 13 und 14 der »Allgemeinen Wiener medicinischen Zeitung« 1874 publicirt.*) Nach diesem Principe sind die Trouvé'schen Sturzzellenbatterien und die von Reininger in Erlangen patentirten Winkelzellenbatterien ausgeführt.

Ein neues Princip bequemer Füllung und Entleerung einer Batterie brachte Leiter bei seinen mehrfach von mir beschriebenen Luftdruckbatterien in Anwendung. Der Grundgedanke dieser Einrichtung besteht darin, die einzelnen Elemente in einen Zellenkasten aus Hartgummi

---

*) Eine transportable Batterie für den constanten elektrischen Strom, construirt vom Instrumenten-Fabrikanten Josef Leiter, besprochen von Dr. Rudolf Lewandowski, k. k. Oberarzt an der Abtheilung für Elektrotherapie des k. k. Garnisonsspitales Nr. I in Wien, in der »Allgemeinen Wiener medicinischen Zeitung« Nr. 13 und 14 v. J. 1874.

unterzubringen; dieser Batteriekasten ist durch eine horizontale Scheidewand in eine obere, die Zellen für die Elemente, und eine untere, die Flüssigkeit enthaltende Hälfte getheilt. Von dem Boden jeder Elementenzelle reicht ein durch eine Sperrvorrichtung nach Art des Babinet'schen Hahnes, verschliessbares Hartgummirohr aus der Zelle in die Flüssigkeit; wird diese geöffnet und durch eine Compressionspumpe oder ein Kautschukgebläse die Luft im unteren, die Flüssigkeit enthaltenden Theile des Batteriekastens verdichtet, so wird wie bei einem Heronsball, die Flüssigkeit emporsteigen und so viele Elemente füllen, als benöthigt werden. Soll diese Batterie entleert werden, so öffnet man abermals die Hähne, dreht den Ballon des Kautschukgebläses einfach um, auf dass er saugend wirke, und die Flüssigkeit wird in das Unterfach treten. Batterien dieser Art habe ich in meinen citirten Studien über transportable Batterien genau beschrieben.

Später hat Leiter auch einfachere Batterien nach diesem Principe gebaut, indem er den Zellenkasten ganz vom Flüssigkeitsbehälter trennte, die Steigrohre jeder einzelnen Zelle entfernte und die Flüssigkeit in ein beliebiges Gefäss füllte, welches luftdicht verschlossen wurde und durch dessen Stöpsel oder Deckel ein Hartgummirohr *a* bis fast auf den Boden, ein zweites *b* bis knapp unter den Deckel dieses Gefässes reichte. Zwei Kautschukschläuche werden mit diesen Hartgummiröhren verbunden und an einen derselben *(a)* ebenfalls ein Hartgummirohr *(c)*, an den anderen *(b)* aber das Kautschukgebläse angesteckt. Wird die Luft in dem Flüssigkeitsbehälter verdichtet, so tritt die Flüssigkeit durch das Hartgummirohr *(c)* und kann bis

zur beliebigen Höhe in jede Zelle gefüllt werden. Ist die Batterie zu entleeren, so wird das Hartgummirohr *(c)* bis auf den Boden jeder Zelle geführt und die Luft in dem Flüssigkeitsbehälter verdünnt, wodurch die Flüssigkeit in denselben zurücktritt. Auch für ätzende Säuren hat Leiter, theils nach dem Principe des Heronsballs, theils nach jenem des Hebers ausgeführte Vorrichtungen aus Glas gefertigt, die später besprochen werden sollen.

In den permanent gefüllten Batterien, sowie in denjenigen, in welchen alle Stromgeber auf einmal in die Flüssigkeit eingetaucht werden, erscheinen immer mehr Elemente gefüllt, als für den einzelnen Fall erheischt werden. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, wurden mehrfach Einrichtungen getroffen, nicht alle Elemente auf einmal zu füllen, beziehungsweise in Thätigkeit zu setzen, sondern nur je 10 oder 5 oder gar nur jedes einzelne. Immerhin musste man aber bei transportabeln Batterien auch die anderen Elemente mitführen, oder wenigstens deren Zellen, kurz den für alle Elemente berechneten Batteriekasten.

Leiter hat auch in dieser Richtung eine Abhilfe getroffen, indem er bei seiner letzten Modification des Leclanché-Elementes ein jedes Element für sich verschliessbar und transportabel herstellte. Die Elementchen aus Hartgummi mit quadratischem Querschnitte können, je nach Bedarf, in ganz beliebiger Anzahl in ein grösseres oder kleineres beliebiges Kästchen, oder einfach nebeneinander aufgestellt, ihre Deckel entfernt, die Zinke eingehängt werden, und die Batterie ist im Gange. Der Arzt ist in der Lage, immer so viele Elemente, als er

eben braucht, zu benützen, muss aber auch nicht mehr Elemente mitnehmen.

4. Elementenzähler.

Da die Stromesintensität nach dem Ohm'schen Gesetze mit der Anzahl der Elemente zunimmt, muss der Arzt in der Lage sein, das eine Mal eine geringere, das andere Mal eine grössere Anzahl von Elementen in den Stromkreis einzubeziehen. Vorrichtungen, welche dies ermöglichen, werden gemeiniglich als Stromwähler oder Elementenzähler bezeichnet. Derlei Vorrichtungen haben aber nicht nur die Aufgabe, es zu ermöglichen, die Elementenzahl während der Application zu vermehren oder zu vermindern, sondern es muss diese Vermehrung und Verminderung der Anzahl der eben benützten Elemente ohne eine grössere Stromschwankung, als der Differenz eines Elementes entspricht, durchführbar sein, daher ist der Elementenzähler so einzurichten, dass, während das nächste Element eingeschaltet wird, der Contact mit dem vorhergehenden noch nicht aufgehoben sein darf.

Die einfachste derartige Vorrichtung ist die Stromwählerschnur. Sie kommt überall dort in Verwendung, wo beispielsweise Daniell'sche oder Siemens-Halske'sche oder Leclanché-Elemente ganz offen benützt werden. Dabei ist der eine Rheophor mittels einer Ableitungsschnur z. B. mit dem positiven Pole des ersten Elementes verbunden, während die Ableitungsschnur des Kathodenrheophors in zwei Aeste ausgeht und an jedem derselben eine Zinkschaufel trägt. Soll nur ein Element

benützt werden, so wird eine dieser Zinkschaufeln in das erste Glasgefäss zum Zink in die verdünnte Schwefelsäure oder Salmiaklösung getaucht. Sollen zwei Elemente verwendet werden, so wird zunächst die zweite Zinkschaufel in das zweite Glasgefäss gesteckt und erst hierauf jene aus dem ersten herausgenommen, die für den Fall, als 3 Elemente benöthigt würden, nunmehr in das dritte Glasgefäss getaucht wird, worauf erst jene aus dem zweiten entfernt werden darf u. s. f.

Die Stromwählerschnur wird auch noch in anderer Ausführung benützt und zwar hauptsächlich dort, wo die Elemente in einem Batteriekasten untergebracht sind. Jedes Element ragt dann mittels eines Stiftes aus dem Elemententräger oder Batteriekastendeckel hervor. Die eine Elektrode steht dann mit einem Pole des ersten Elementes in directer Verbindung, während die zweite Elektrode ebenfalls an einer gespaltenen Leitungsschnur befestigt wird, die statt der Zinkschaufeln kurze Metallhütchen trägt, welche fingerhutartig über jene Element-Ausleitungsstifte gesteckt werden.

Ganz in derselben Art wird noch eine Stromwählerschnur mit Stöpselvorrichtung benützt, an welcher statt der Zinkschaufeln oder Hütchen sich konische Stifte befinden, die in konischen Bohrungen der Ausleitungen der einzelnen Elemente eingesteckt werden. Es ist einleuchtend, dass die Benützung einer jeden Stromwählerschnur umständlich und zeitraubend ist, besonders wenn eine grössere Elementenzahl in Verwendung kommt, in welchem Falle eine Hand d Arztes oder Assistenten nur damit beschäftigt ist, beiden Aeste der Stromwählerschnur von Element

Element zuerst aufwärts und dann abwärts spazieren zu führen.

Hiebei stehen die einzelnen Elemente mit Contacten in Verbindung, die gegen einander isolirt sind, welche dann durch geeignete Vorrichtungen mit den Ableitungsschnüren in Verbindung gesetzt werden können. Anschliessend an die Stöpselstromwählerschnur, ist hier zunächst der

Stöpselstromwähler zu erwähnen. Vom ersten Elemente ist beispielsweise die Anode durch eine Leitungsschnur direct mit einer Elektrode verbunden. Die Kathoden der einzelnen Elemente stehen mit einzelnen prismatischen, in einer geraden Linie angebrachten und von einander getrennten Metallcontacten in Verbindung. Parallel mit diesen Elementableitungen ist eine Metallstange befestigt, welche jedem Contactstücke eines Elementes entsprechend einen halbkreisförmigen Ausschnitt besitzt. Die prismatischen Metallcontacte besitzen ebenfalls solche halbkreisförmige Ausschnitte, so dass durch diese Einrichtung so viele kreisförmige Löcher resultiren, als Elemente vorhanden sind. Mit dieser Metallstange wird die Ableitungsschnur der Kathoden-Elektrode verbunden. Wird nun ein Metallstöpsel in das erste Loch gesteckt, so ist ein Element geschlossen. Wird dagegen so ein Metallstöpsel beispielsweise in das 20. Loch gesteckt, so sind 20 Elemente eingeschaltet. Es muss wiederholt werden, dass auch hiebei 2 Stöpsel zu verwenden sind; denn es darf unter keiner Bedingung während der Stromesapplication beim Uebergange von einem Elemente auf das nächste eine Stromesunterbrechung eintreten, umsomehr, als der Arzt häufig

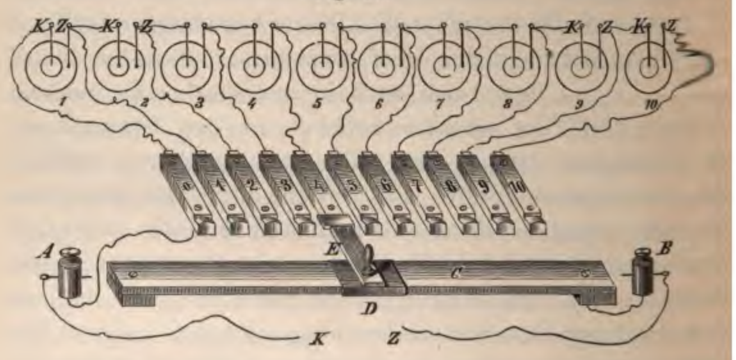
genug mit sogenannten schwellenden Strömen arbeitet und bei Behandlung gewisser Krankheiten (beispielsweise Neuralgien) eine plötzliche Stromesunterbrechung von grossem Nachtheile wäre. An Unbequemlichkeit steht übrigens auch der Stöpselstromwähler den verschiedenen Stromwählerschnüren nicht nach.

Viel zweckmässiger sind schon die sogenannten Schlittenstromwähler. Die einzelnen Elemente gehen hiebei entweder in verticale Contactstifte oder in horizontal abgebogene Contactfedern aus. Ein aus zwei oder im letzteren Falle aus einer Metallfeder bestehender Schlitten gleitet hiebei immer über zwei dieser Contacte derart, dass er mit dem einen noch in metallischer Verbindung steht, ehe der nächste vollends in den Stromeskreis einbezogen wurde. Sind die Elementcontacte vertical hervorragende Stifte, so werden diese von den zwei gegen einander drückenden Metallfedern des Schlittens eingeklemmt und sind Vorkehrungen getroffen, dass nicht leicht ein Abgleiten des Schlittens und eine unerwünschte Stromesunterbrechung eintreten könnte. Wo aber die Elementausleitungscontacte horizontal abgebogen sind, besitzt der Schlitten beiderseits Führungsnuten, in denen er verschiebbar ist, während die Federn desselben, immerwährend nach abwärts drückend, über die Contacte in der früher angegebenen Weise gleiten. Einen diesem ähnlichen Schlittenstromwähler hat Stöhrer bei seinen Batterien in ganz zweckentsprechender Weise hergestellt und als Schlussschieber beschrieben.

Eine ebenfalls bequeme Stromwählerart, der vo mancher Seite vor allen andern der Vorzug eingeräur wird, ist der sogenannte Kurbelstromwähler. Hiel

wird der eine Batteriepol, beispielsweise die Anode, ebenfalls direct zu einer Polklemme geleitet, während die andere Polklemme mit der Axe einer Metallkurbel in Verbindung steht. Diese Metallkurbel schleift über die im Kreise angeordneten Kathodencontacte der einzelnen Elemente, welche so nahe aneinander stehen, dass die Contactfläche der Kurbel nie zwischen zwei derselben gestellt werden kann, ohne mit beiden zugleich im

Fig. 26.



metallischen Contacte sich zu befinden, wodurch eine Stromesunterbrechung ausgeschlossen ist.

Die mir am meisten zusagende Art von Stromwählern ist der sogenannte Schieberstromwähler (Fig. 26), welchen ich bereits im Kraus'schen Compendium der neueren medicinischen Wissenschaften*) beschrieben habe. Zehn Siemens-Halske'sche Elemente sind nach

*) Kraus' Compendium der neueren medicinischen Wissenschaften. Wien, 1875. Capitel Elektrotherapie von Dr. Rudolf Lewandowski, pag. 547, Fig. 3.

einander verbunden, und geht von dem Zinkpole eines jeden Elementes eine Ableitung zu den numerirten Contacten 1—10, die, von einander isolirt, am Deckel des Batteriekastens mittels je zweier Schrauben befestigt sind. Das Vorderende dieser Contacte ist oberwärts abgerundet, so dass der Schieber *D* ohne Schwierigkeit über dieselben gleiten kann. Dieser Schieber wird auf der Schiene *C* bewegt, welche mit der Polklemme *B* in Verbindung gesetzt ist. Der Kupferpol des ersten Elementes ist mit dem Klöbchen 0 verbunden, welches wieder mit der Polklemme *A* in leitender Verbindung steht. Wird der Schieber *D* auf 0 gestellt, so ist eben kein Element eingeschaltet; wird er weiter vorgeschoben, so dass er ein Element nach dem anderen in den Stromeskreis schliesst, so gleitet er mit seinem vorderen abgerundeten Contactstücke, welches durch die Metallfeder *E* nach abwärts gedrückt wird, derart über die Vorderenden der numerirten Contactklöbchen, dass er beim Uebergange von einem auf das andere beide berührt und das vorangehende immer erst dann verlässt, wenn das nächstfolgende bereits metallischen Contact besitzt. In dieser Art können 30—50 und noch mehr Elemente bequem ein- und ausgeschaltet werden, ohne dass je beim Uebergange von einem zum andern eine Stromesunterbrechung stattfände.

Zum Schlusse muss noch erwähnt werden, dass der Stromwähler immer die Einschaltung eines einzelnen Elementes ermögliche und nicht Sprünge von zwei or fünf oder gar von zehn Elementen auf einmal ma was leider bei manchen, sonst ganz zweckmässigen richtungen mitunter anzutreffen ist.

5. Rheostat.

Die eben besprochenen Einrichtungen gestatten es, die Stromstärke in Abstufungen von Element zu Element zu modificiren. Indessen giebt es noch ein zweites Mittel, dieselbe zu verändern, nämlich die Einschaltung künstlicher Widerstände. Gerade so, wie bei der Schaltung nach einander die Stromstärke im geraden Verhältnisse mit der Elementenzahl wächst, ebenso nimmt dieselbe infolge der Einschaltung entsprechender Widerstände gleichmässig ab, da sie zum Widerstande im umgekehrten Verhältnisse steht. Diesem letzteren Satze gemäss lassen sich somit Widerstände von bestimmten Abmessungen herstellen, sobald man sich über die Einheit derselben geeinigt hat.

Die bisher fast ausschliesslich verwendeten Widerstände sind in S.-E. graduirt. Da unter den Metallen Neusilber einen grossen Widerstand besitzt, werden die zu praktischen Zwecken dienenden abgemessenen Widerstände daraus gefertigt, indem die entsprechenden Drahtlängen in beliebiger Form zur Verwendung gelangen. Hier sollen nur die Formen, wie sie praktisch zu Heilzwecken benützt werden, Erwähnung finden. An der Unterseite des Holz- oder Ebonitdeckels eines Kästchens sind Drahtspulen angebracht, welche aus gut isolirten Neusilberdrähten, entsprechend einer bestimmten Anzahl S.-E. gefertigt sind. Fig. 27 stellt einen derartigen Widerstandskasten dar. Auf der Oberseite des Deckels dieses Apparates sind kurze, dicke Messingstücke *m* angeschraubt. Die Enden jeder Widerstandsrolle sind an je zwei be-

nachbarte Metallstücke befestigt; diese letzteren besitzen an ihren zugekehrten Flächen jederseits halbkreisförmige Ausschnitte und formiren so Löcher, in welche Metallstöpsel eingesteckt werden können. Sind alle Stöpsel *S* eingesteckt, so circulirt ein durch diesen Apparat geleiteter Strom von der einen Klemme am Anfange der Widerstände, links oben, durch die obere Reihe der dicken

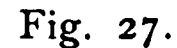
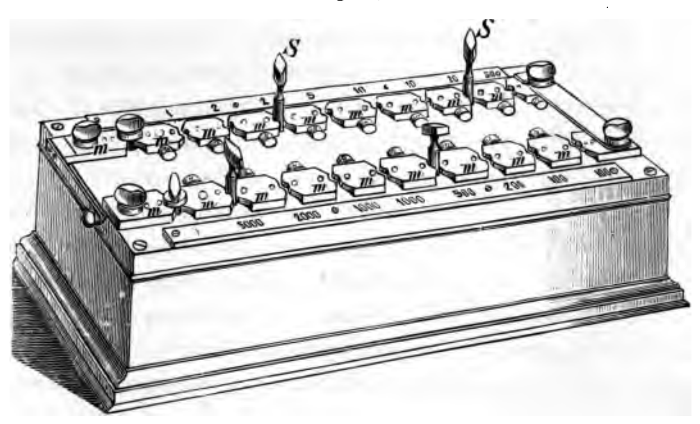


Fig. 27.



Metallstücke und Stöpsel, bis an das rechtsseitige Ende des Deckels, von hier durch einen dicken Metallbalken zur unteren Reihe und von hier zur Ableitungsklemme in dieser Reihe links. In diesem Falle hat der Strom nur einen kurzen Weg durch dicke Metallstücke zu durchlaufen, welche ihm fast keine Widerstände entgegensetzen. Wie aber nun ein Stöpsel herausgezogen wird, so wird der Widerstand der betreffenden Drahtspule eingeschaltet. Würde beispielsweise der Stöpsel im Loche 1 herausgezogen sein, so müsste der Strom durch das

Metallstück vor 1, sodann durch die Rolle 1, endlich in das Metallstück zwischen 1 und 2 übergehen, es wäre somit der Widerstand einer S.-E. eingeschaltet. Durch eine zweckmässige Vertheilung der Widerstände ist es möglich, jeden beliebigen Widerstand, in Fig. 27 beispielsweise von 1 bis zu 10.000 S.-E. einzuschalten.*) Ein derartiger Apparat, der die Einschaltung abgemessener Widerstandseinheiten gestattet, heisst im Allgemeinen Rheostat.

Vorliegender Stöpselrheostat, für wissenschaftliche genaue Messungen allerdings der zuverlässigste, theilt für die ärztliche Praxis den Nachtheil des Stöpselstromwählers, indem durch Stöpselung die Widerstände plötzlich ein- und ausgeschaltet werden.

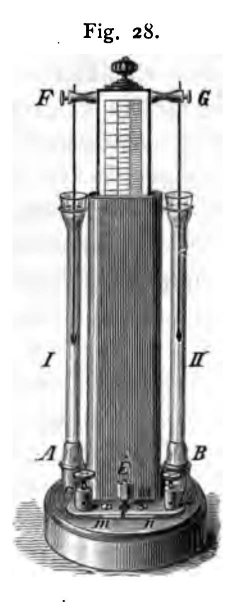
Jedoch giebt es auch Kurbelrheostaten. Bei diesen sind die Messingstücke durch kurze Messingknöpfe ersetzt, über welche eine Contactfeder im Kreise bewegt werden kann, die jeden Widerstand so lange noch eingeschaltet erhält, bis ein sicherer Contact mit dem nächsten hergestellt ist, wie beim Kurbelstromwähler.

Uebrigens stehen in der Heilkunde ausser den Metallrheostaten noch Flüssigkeitsrheostaten in Verwendung. Fig. 28 stellt einen solchen nach Runge dar. Auf dem Stative *S* stehen zwei kurze Metallröhren *A* und *B*, welche durch Metallstreifen mit den Klemmschrauben *C* und *D* und den dicken Metallstücken *m* und *n* in leitende Verbindung gebracht sind. In die metallenen Rohrstücke *A* und *B* sind die Glasröhren I und II derart eingekittet, dass die in dieselbe eingetragene Flüssigkeit

*) In der Figur erscheint ein Widerstand von 4478 S.-E. eingeschaltet.

mit den vorher erwähnten Metalltheilen *A C* und *B D* in leitender Verbindung steht. Die in diese Röhren einzutragende Flüssigkeit ist concentrirte Zinksulfatlösung; in diese tauchen jederseits Zinkknöpfe und können mittels der Scala beliebig tiefer und höher gestellt werden. Sind die Polklemmen *C* und *D* in einen Stromeskreis geschaltet und der Stöpsel *E*, wie in der Figur ersichtlich, eingesteckt, so wird der Strom durch die kurzen Metallstücke *m* und *n* unbehindert seinen Weg nehmen. Wird aber der Stöpsel wieder herausgezogen, so muss der Strom, beispielsweise bei *A*, in die Röhre *I* eintreten, durch die Flüssigkeit und den Zinkknopf daselbst nach *F*, von da nach *G* zum zweiten Knopfe in die Röhre *II* kreisen, und kann erst durch die Flüssigkeit und die Klemme *D* aus dem Rheostaten austreten. Selbstverständlich wird ein desto grösserer Widerstand eingeschaltet, je mehr die Zinkknöpfe herausgezogen werden.

Fig. 28.



Die Scala kann nach beliebigen Einheiten eingetheilt werden und dient zur Abschätzung des Widerstandes. Durch derlei Rheostaten werden bedeutend grössere Widerstände eingeschaltet, als durch Metallrheostaten; andererseits aber sind die Flüssigkeitsrheostaten nie so genau herzustellen, als wie die metallenen, sondern ändern ihre Werthe infolge der Verdunstung der Flüssigkeit von Tag zu Tag.

Metallrheostaten werden fast nie direct in den Stromkreis einbezogen, sondern kommen gewöhnlich in eine Nebenschliessung, während die Flüssigkeitsrheostaten direct in den Hauptstrom eingeschaltet werden. Bei Application der Elektricität auf die unverletzte Haut werden nämlich durch den menschlichen Körper so grosse Widerstände eingeschaltet, dass ein Metallrheostat, in den Hauptstrom einbezogen, diesen Widerstand kaum erheblich vergrössern könnte, würde er nicht ganz kolossale Dimensionen besitzen. Ist der Strom indes verzweigt, so dass ein Zweig durch den Rheostaten, ein anderer durch den menschlichen Körper treten kann, so wird desto mehr Elektricität durch den menschlichen Körper fliessen, je mehr Widerstände in der Nebenschliessung eingeschaltet sind, und umgekehrt wird beinahe kein Strom in den Körper eintreten, wenn im Rheostaten kein Widerstand eingeschaltet ist, weil in diesem Falle die Elektricität den kürzesten Weg durch den metallenen Schliessungsbogen wählt.

Ein Flüssigkeitsrheostat muss dagegen in den Hauptstrom einbezogen werden, da er schon ganz erhebliche Widerstände einzuschalten und so die durch den Körper fliessende Stromesintensität dementsprechend zu ändern gestattet. In einer Nebenschliessung wäre er zwecklos, weil in diesem Falle immer fast der ganze Strom durch den Körper gehen würde.

Metallrheostaten werden daher gewöhnlich bei der Verwendung galvanischer Ströme (bei der Galvanisation), Flüssigkeitsrheostaten dagegen bei der Anwendung inducirter Ströme (bei der Faradisation) in der angegebenen Weise benützt. Eines ist jedoch noch zu erwähnen; in

der Heilkunde angewendet, ist der Rheostat nur ein Apparat zur Regulirung der Stromstärke, aber nie und nimmer ein Messapparat, und dürfen daher auch nie die eingeschalteten Widerstände etwa als Masse der in Anwendung gezogenen Elektricitätsmengen angesprochen werden. Die Verhältnisse der Stromestheilung, zumal bei der Einschaltung des Körpers mit seinen variablen Widerständen sind sehr complicirte; überdies werden durch die Applicationsweise die Widerstände verändert, dann ist die Stromesquelle selbst nicht immer die gleiche, aus welchen Gründen Rheostatangaben als Masse für Stromesintensitäten ganz und gar werthlos sind. Zur Stromesmessung kann nur ein Galvanometer dienen, welches bei Anwendung eines Rheostaten immer in den Zweig der Leitung einzuschalten ist, der durch den Körper geht.

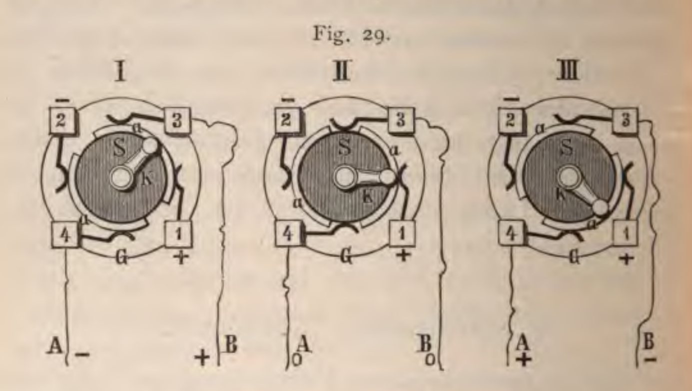
6. Stromwender (Commutator).

Bei der therapeutischen Verwerthung der Elektricität tritt oft die Nothwendigkeit ein, bei applicirten Elektroden die Richtung des Stromes zu wechseln (Volta'sche Alternativen auszuführen). — Apparate, welche dies besorgen, werden Stromwender oder Commutatoren genannt. Indes ist dies nicht ihre einzige Aufgabe, vielmehr müssen diese Apparate es auch noch ermöglichen, den Strom beliebig schliessen und unterbrechen zu können, nämlich man muss mit ihnen sowohl Anoden- wie auch Kathoden-Oeffnung- und Schliessung herstellen können. Alle derartigen Apparate, welche nur einfach die Wendung des Stromes, nicht aber auch Oeffnung und Schliessung des-

selben gestatten, sind wenigstens für eine genaue diagnostische Untersuchung völlig unbrauchbar. — Unter den verschiedenen Commutatoren ist in der Elektrotherapie der

Siemens-Halske'sche Stromwender Fig. 29 wohl der bekannteste. Derselbe besteht aus einem Gehäuse *G*, innerhalb dessen eine Hartgummischeibe *S* durch eine Kurbel *K* beweglich ist. An zwei gegenüberliegenden Seiten dieser

Fig. 29.



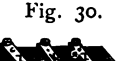
isolirenden Scheibe befinden sich an ihrer Peripherie zwei Metallstreifen *a a*, welche nur einen kleinen Raum des Umfanges derselben freilassen. An vier von einander gleich weit abstehenden Punkten der Peripherie dieses Gehäuses sind die Drahtklemmen 1, 2, 3 und 4 angebracht, von denen 1 und 2 die Poldrähte der Batterie aufnehmen, beispielsweise 1 die Anode und 2 die Kathode, von 3 und 4 gehen die Verbindungsdrähte *A* und *B* zu den Rheophoren.

An jeder dieser vier Drahtklemmen ist eine kräftige Metallfeder befestigt, deren Enden halbkreisförmig nach

aussen abgebogen sind, damit sie sich bei Drehung der Scheiben nicht spiessen. Das Uebrige ist eigentlich aus der Figur selbst zu ersehen. In der Stellung I ist *A* die Kathode, *B* die Anode; in der Stellung II ist der Strom unterbrochen, weil die Ausleitungsfedern auf der Hartgummischeibe aufliegen; in der Stellung III ist im Gegensatze von I, *A* die Anode, *B* die Kathode.

Brenner hat diesen Stromwender dahin abgeändert, dass er die Metallstreifen an der Peripherie der Hartgummischeibe durch Hinzufügung beliebiger Schaltstücke vergrösserte, so dass sie nur einen spaltenförmigen Streifen am Umfange der isolirenden Scheibe unbedeckt lassen, und zwar zu dem Zwecke, um rasche Stromwendungen ausführen zu können. Wir werden später für diesen Fall einfachere Apparate kennen lernen.

Fig. 30.

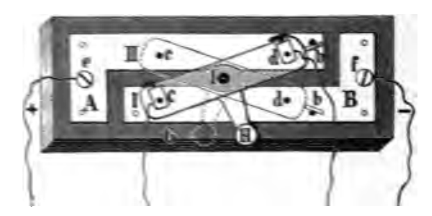


Einen einfacheren Stromwender habe ich bereits in meiner Abhandlung über Elektrotherapie im Kraus-schen Compendium der neueren medicinischen Wissenschaften abgebildet und beschrieben; es ist dies Fig. 30.

Auf einem kleinen Holzklötzchen sind drei Metallstreifen *Z*, *K*, *Z* von einander isolirt angeschraubt; vor diesen befindet sich ein kurzer Messingbalken, über welchen ein aus Hartgummi oder Elfenbein gefertigter Schieber, der zwei Polklemmen mit je einer Metallfeder trägt, verschiebbar eingerichtet ist. Die drei Metallstreifen stehen gleich weit von einander ab und auch die Entfernung zwischen den Polklemmenfedern von einander entspricht dem Abstande je zweier benachbarter Metall-

streifen. Sind nun die Metallstückchen Z Z mit der Kathode der galvanischen Batterie verbunden, K hingegen mit der Anode, so wird in der Stellung, wie Fig. 30 sie anzeigt, von der linken Polklemme die Kathode, von der rechten hingegen die Anode abgeleitet werden. Schiebt man den Schieber etwas nach rechts, so dass die beiden Metallfedern jederseits zwischen K und Z aufliegen, so wird der Strom gänzlich unterbrochen sein und kann von dieser Stellung aus sowohl nach rechts als auch nach links geschlossen werden.

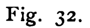
Fig. 31.

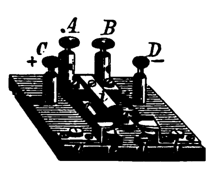


Wird der Schieber noch weiter fortbewegt, so dass die linke Feder K die rechte Z berührt, so wird die erstere jetzt Anode, die letztere Kathode.

Leiter hat an allen seinen Batterien ebenfalls einen einfachen Commutator (Fig. 31) angebracht. Auf einem flachen Hartgummiprisma G sind Metallwinkel A und B angeschraubt. Durch die Drahtschraube e ist das Metallstück A mit dem positiven Batteriepole, durch die Schraube f das Metallstück B mit dem negativen Batteriepole in Verbindung gebracht. In der Mitte dieser Vorrichtung ist ein flaches Hartgummistück $c\,d$ um eine verticale Axe J mittels der Handhabe H drehbar. Ein

schmaler Fortsatz hemmt diese Drehbewegung durch Anschlagen an die Stifte *b b*. Dieses drehbare Hartgummiplättchen trägt an seiner Unterseite Metallcontacte, die mit den Klemmschrauben *c d* verbunden sind. In der Stellung I wird von der Klemmschraube *c* die Kathode, von der Klemme *d* die Anode abgeleitet, umgekehrt in der Stellung II; in der Mittelstellung dieser beiden angegebenen stehen diese Contactpunkte auf der Hartgummiunterlage und der Strom ist unterbrochen und kann von dieser Stellung aus ebenfalls beliebig geschlossen werden. Diese Einrichtung hat noch den Vortheil, dass, wenn man die Leitungsschnüre der Elektroden direct an die Klemmschrauben *c* und *d* befestigt, man imstande ist, ohne Anwendung der Handhabe *H* durch einfaches Anziehen der einen oder der anderen Leitungsschnur den Strom selbst bei applicirten Elektroden zu wenden.


Fig. 32.



Mitunter sind durch kurze Zeit rasch hintereinander auszuführende Stromeswendungen erforderlich. Für diese Fälle hat die Wiener Firma Mayer & Wolf den Tastencommutator (Fig. 32) construirt.

Auf dem kleinen Brettchen befinden sich die Klemmschrauben *A*, *B*, *C*, *D*, die beiden Metallwinkel *a* und *b* und zwei Metallcontacte *c* und *d*. Die Klemmschraube *C* stehe beispielsweise mit dem positiven Batteriepole, die Klemme *D* mit dem negativen Batteriepole in Verbindung. Von der Klemmschraube *C* geht an der Unterseite des Brettchens eine metallische Verbindung einerseits zu dem Winkel *a*, andererseits zu dem Contact-

punkte *d*. Die Klemme *D* ist dagegen mit dem Winkel *b* und dem Contacte *c* leitend verbunden. Von den Klemmen *A* und *B* gehen zwei starke Metallfedern aus, die an ihrem Ursprung von einer Hartgummiplatte überbrückt sind, auf welcher die Metallfeder *i* mit dem Druckknopfe *T* befestigt ist. Diese letztere trägt an ihrer Unterseite unter dem Taster *T* einen queren Hartgummibalken, der beim Drücken auf den Taster *T* die Contactfedern *e* und *f* mit den Contactpunkten *c* und *d* in Berührung bringt. Drücken die Contactfedern *e* und *f* vermöge ihrer Elasticität an die Metallwinkel *a* und *b*, so ist die mit *A* verbundene Elektrode Anode, die mit *B* in Verbindung stehende dagegen die Kathode. Drückt man den Taster nach abwärts, so wird *A* Kathode und *B* Anode. Da die unteren Contactpunkte von den oberen an den Metallwinkeln nicht weit abstehen, so genügt ein geringer Fingerdruck, um die Stromeswendung herbeizuführen, während die vielmals rasch nacheinander ausgeführte Stromwendung mit dem Siemens-Halske'schen Commutator beispielsweise ermüden würde.

7. Leitungsschnüre.

Um den galvanischen oder Inductionsstrom an den menschlichen Körper zu leiten, bedient man sich isolirter Leitungsdrähte oder Leitungsschnüre. Die flexibeln Schnüre sind in dieser Beziehung den fast immer rigiden Drähten vorzuziehen, obgleich letztere gewöhnlich den Strom besser leiten und nicht so leicht zu unvorgesehenen Stromesunterbrechungen Anlass geben, als erstere. Die Schnüre dürfen nicht zu kurz sein und sollen nicht etwa

aus einem einzigen dünnen Drahte bestehen; auch sind weder die sogenannten Leon'schen Schnüre, noch solche mit eingedrehten Metallfäden verwendbar, sondern es sollen entweder viele dünne Kupferdrähte neben einander verlaufen oder mehrfach mit Metall übersponnene Seidenfäden zu einem Kabel vereinigt und mit einer isolirenden Hülle umgeben werden. Die zweckmässigste isolirende Hülle wird durch Ueberspinnung dieser feinen Drähte mit Seide hergestellt; weniger empfehlenswerth ist es, dieselben mit Gummiröhren zu überziehen, da diese immer mit der Zeit spröde und brüchig werden und die Leitungsschnur in kurzer Zeit ein unschönes Aussehen annimmt.

Ueberdies findet in Gummiröhren immer eine Veränderung der Metalldrähte wegen des Schwefelgehaltes der ersteren statt.

Die Enden der Leitungsschnüre sind mit Stiften aus Kupfer oder Messing zu versehen, da die vielen dünnen Drähte sich nicht bequem und zweckmässig einklemmen lassen. Gewöhnlich werden die Metallfäden der Leitungsschnüre durch ein Oehr eines Drahtstiftes geschlungen und mit einem Seidenfaden und Wachs in dieser Stellung festgebunden. Diese Art der Befestigung ist indes unzweckmässig, denn bei häufigem Gebrauche dehnt sich die Schlinge, sie wird gelockert, oder die Fäden werden durchgerieben. Hiedurch werden oft Stromesunterbrechungen herbeigeführt, nach deren Ursachen man mitunter lange vergeblich forscht.

Aus diesem Grunde wurden die Uebergangsstellen der Metallfäden in den Stift durch ein kurzes Guttapercha- oder Gummiröhrchen geschützt. Dies hat aber immer zur

Folge, dass sowohl der Stift als auch die Enden der Metallfäden in Schwefelmetalle umgewandelt werden, wodurch abermals die Leitung sehr beeinträchtigt oder gänzlich aufgehoben wird. Aus diesem Grunde soll man die Metallfäden nicht an den Ausleitungsstift binden, sondern dieselben anlöthen, und über diese Stelle zur Sicherheit ein Ebonitröhrchen schieben, welches durch Schellack oder Siegellack fixirt wird.

Bequem ist es ferner, die beiden Leitungsschnüre mit verschiedenfarbigen Ueberzügen zu wählen, um bei einem bestimmten Normalstande des Commutators sofort an der Farbe der Leitungsschnüre die beiden Pole von einander unterscheiden zu können.

Wo doppelte oder gar dreifache Schnüre, wie bei den Commutatorelektroden zu einem Kabel vereinigt in einer gemeinsamen Hülle verlaufen, sind die Enden dieser Schnüre zu bezeichnen, damit keine Verwechslung bei der Einschaltung derselben stattfinde. Entweder wird der Leitungsstift an seiner Basis breitgeschlagen und die Marke hineingepresst, oder man bringt diese Marke an der Hartgummihülse an. Gewöhnlich wird der Pol mit seinem Vorzeichen (+ oder —) oder mit den Anfangsbuchstaben p und n (+ und — bedeutend), oder aber mit A und K (Anode und Kathode), oder endlich mit K und Z (Kupfer oder Kohle und Zink) bezeichnet.

Zu galvanokaustischen und elektrolytischen Zwecken dürfen die Leitungsschnüre oder Leitungsdrähte wegen des Widerstandes keinen zu kleinen Querschnitt haben. Auch müssen, wenn für elektrolytische Zwecke mehrere Leitungsschnüre in einer gemeinschaftlichen Hülle verlaufen, dieselben gegen einander gut isolirt sein.

Alle Leitungsschnüre müssen sehr rein und trocken gehalten werden, insbesondere sind dieselben vor jeder Berührung mit ätzenden Substanzen zu bewahren. Indes ist auch eine Benetzung mit Salzwasser nachtheilig und werden bei unvorsichtigem Gebahren sehr leicht überaus störende Stromeshindernisse geschaffen. Wo die Leitungsdrähte oder Leitungsschnüre dagegen mit Flüssigkeiten in Berührung gebracht werden müssen, wie z. B. beim elektrischen Bade, sind dieselben allerdings mit einem Guttaperchaüberzuge zu versehen. Im Nichtgebrauchsfalle sollen die Leitungsschnüre und Drähte locker aufgerollt und vor Knickungen möglichst geschützt werden.

8. Elektroden.

Zur Application der Elektricität an den menschlichen Körper dienen die verschiedenen Elektroden, auch Rheophoren, Excitatoren, Conductoren, Endpole, Polenden oder wohl auch kurzweg Pole genannt. Diese Apparate sind verschieden gestaltet, je nach der Applicationsstelle, und werden überdies aus verschiedenartigen Materialien hergestellt. Vor allem anderen kommt es auf deren Grösse, Form und Beschaffenheit an.

A. Elektroden für die Körperoberfläche.

Was die Elektroden anbelangt, welche dazu dienen sollen, den elektrischen (galvanischen oder inducirten) Strom auf die äussere Körperoberfläche (unverletzte Haut) zu appliciren, werden dieselben zumeist aus Metall oder Kohle gefertigt. Die ersteren sind wohl zu vernick

oder wenigstens exact zu verzinnen. Wird diese Vorsicht ausseracht gelassen, so scheiden sich infolge der an den Polenden auftretenden chemischen Wirkungen des galvanischen Stromes (bei Benützung von messingenen oder kupfernen Polenden) Kupfersalze ab und färben die ganze Elektrode — sowie die Applicationsstelle — blau und grün.

Fig. 33.

Bei Benützung des galvanischen Stromes werden immer und bei Benützung des inducirten Stromes zumeist, feuchte Elektroden verwendet. Das (metallene oder Kohlen-) Polende wird zu diesem Zwecke mit einer Schwammkappe oder mit einer dicken Lage Flanell und sodann mit Leinwand überzogen und vor der Verwendung mit Warmwasser oder Kochsalzlösung durchtränkt. Was die Form dieser Elektroden betrifft, so bestehen sie (Fig. 33) aus einem Handgriffe *H*, der Metallfassung *M*, dem Verbindungsstabe *V* und dem Polende *E*.*)

Der Handgriff *H* wird entweder aus Holz oder aus Hartgummi etc. in der hier verzeichneten Form, oder aber, wie in der Fig. 48 ersichtlich, hergestellt. Das Hauptaugenmerk ist daraufzurichten, dass er leicht

*) Für dieses Ende der ganzen Elektrode, welches eigentlich an den Körper applicirt wird, passt die Bezeichnung Polende am besten; es wäre überflüssig, hiefür einen anderen eigenen, bisher noch nicht gebrauchten Namen in Verwendung zu ziehen, da für die Bezeichnung der Elektroden noch die Ausdrücke Rheophoren, Conductoren, Excitatoren oder kurzweg Pole gebraucht werden können.

und bequem zu fassen, halten und zu handhaben sei. Die Polklemme für den Leitungsdraht wird entweder an der Metallfassung M angebracht, oder kann auch am unteren Ende des Handgriffes sich befinden, in welchem Falle dann ein Leitungsdraht durch den ganzen Handgriff bis zur Metallfassung geführt werden muss. Besonders wichtig ist es, dass die Schrauben der Polklemmen exact gearbeitet sind, die Befestigung dünner, aber auch dicker Drähte gestatten und jederzeit sicheren Contact herbeiführen. An dieser Stelle entsteht auch oft genug ein Leitungshindernis, ja mitunter selbst Stromesunterbrechung.

Das Verbindungsstück V soll aus einem nicht zu dünnen Metallstabe bestehen und wird entweder cylindrisch oder konisch, gerade, oder wie in der Figur dargestellt, etwas abgebogen hergestellt. Stärkere Verbindungsstäbe, welche unten eine Dicke vom Querschnitte der Metallfassung besitzen, und nach oben zu konisch verlaufen, werden überall dort nöthig sein, wo mit der Elektrode bei stärkerem Andrücken Bestreichungen vorzunehmen sind; jedenfalls dürfen diese Verbindungsstäbe nicht federnd oder biegsam sein.

Zweckmässig ist es, für den gewöhnlichen Gebrauch einen geraden und einen abgebogenen Verbindungsstab für beide Elektroden zu verwenden, um an denselben sofort die Pole unterscheiden zu können. Den geraden verbindet man mit der Anode ($C =$ Cuprum, Carbo etc., somit kein gebrochenes Zeichen), den gekrümmten oder gebrochenen mit der Kathode ($Z =$ Zink, ein durch scharfe Ecken ausgezeichnetes Schriftzeichen).

Die Polenden E werden ebenfalls auf den Verbindungsstab aufgeschraubt; die Form derselben ist für

den gewöhnlichen Gebrauch die Kugelform. Unzweckmässig ist es, selbst die kleinen Polenden für gewöhnliche Benützung in Scheibenform herzustellen, weil es bei der Application an verschiedenen Stellen des Körpers nicht immer durchführbar ist, die Fläche aufliegend zu halten, sondern oft unerwünschter Weise nur die Kante aufzuliegen kommt. Die differente Elektrode soll daher wo möglich immer ein kugelförmiges Polende besitzen.

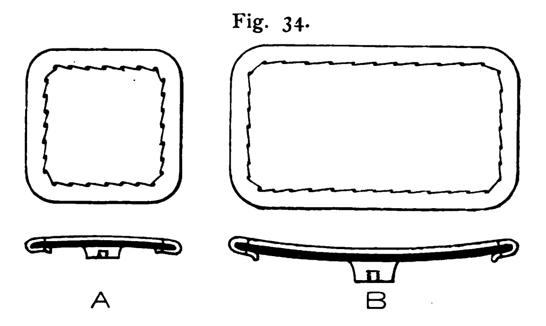
Ihrer Grösse nach müssen diese Polenden wenigstens in drei Abstufungen vorhanden sein, die als kleinste, kleine und mittlere, oder noch besser als Kugelelektrode 1, 2 und 3 unterschieden werden: der Durchmesser des bereits mit Schwammkappe und Leinwand überzogenen Polendes soll nämlich 1, 2 und 3 cm betragen, welchen Massen die früheren Bezeichnungen entsprechen. Die indifferente Elektrode wird indessen gewöhnlich bedeutend grösser genommen, aus welchem Grunde sie plattenförmig hergestellt werden muss. Derlei Platten sind an den Ecken und am Rande wohl abzurunden, und werden entweder in quadratischer oder rechteckiger Form, die kleineren eben, die mittleren convex, die grossen wohl mitunter auch concav gefertigt. Ihr Ueberzug besteht aus einer dicken Flanellage und Leinwand, welche durch am Rande der Platte vorhandene Löcher angeheftet werden. Die plattenförmigen Elektroden können auch als kleine, mittlere und grosse Plattenelektroden unterschieden werden und werden entweder quadratisch (Fig. 34 *A*) von 16, 25 oder 36 cm^2 Oberfläche, oder rechteckig (Fig. 34 *B* von 5—6 cm Breite und 7, 10 bis 14 cm Länge gefertigt. Wohl stehen auch runde Scheibenelektroden bis zu 5 cm Scheibendurchmesser

(Elektrodentafel Fig. *K* S. 179) in Gebrauch. Eine besonders grosse, aus biegsamer Metallplatte gefertigte, nach aussen concave, mit einer dicken Schwammlage überzogene Plattenelektrode wird zur Application der Elektricität auf den Kopf als Kopfelektrode benützt.

B. Unoxydirbare Elektroden.

Die mit Schwammkappen oder Flanell und Leinwand überzogenen Metallelektroden sind die am meisten

Fig. 34.



in Verwendung stehenden. Sie haben den Nachtheil, dass sie durch die chemische Thätigkeit des Stromes an der Oberfläche der Polenden oxydiren, dass sich daselbst Salze bilden, welche die elastischen Umhüllungslagen durchsetzen, deren Poren erfüllen, Stromesschwankungen herbeiführen, wohl auch in unangenehmer Weise ätzende Wirkungen auf die Haut äussern. Desshalb wurden von mehreren Seiten verschiedene Arten unoxydirbarer Elektroden hergestellt.

So empfiehlt z. B. Professor Eulenburg die von Reininger in Erlangen gefertigten Kohlenelektroden Dieselben werden in verschiedener Grösse ausgefü

und sind die Kohlenknöpfe oder -Platten auf Messingmontirungen isolirt aufgekittet. Als leitende Verbindung wird nur Platin verwendet, um alle durch die Oxydation verursachten Störungen zu eliminiren.

Auf der Münchener elektrischen Ausstellung hat Reininger grosse Kissenelektroden exponirt, die, statt aus überzogenen Metall- oder Kohlenplatten, aus feingepulverter Kohle mit einem Ueberzug von mehrfachen Baumwollenlagen bestanden. Vermöge ihrer Schmiegsamkeit legen sie sich allerdings an jeden Körpertheil an, da sie aber feucht angewendet werden müssen, werden bei der Application derselben Kohlentheilchen durch die Umhüllungslagen gepresst und machen Alles schwarz.

Eine andere Art unoxydirbarer Elektroden verfertigt Hirschmann in Berlin. Dieselben bestehen aus Hartgummischeiben, in deren Mitte ein Messingstück mit einer Schraubenmutter für den Handgriff eingesetzt ist, welches an der Oberseite dieser Scheibe durch eine Schraube festgehalten wird. Um diese Schraube wird ein Platindraht geschlungen, der in sechzehn Radien bis knapp an die Peripherie der Hartgummischeiben in Rinnen verläuft, daselbst fixirt wird, längs der Peripherie kurze Bogenstücke beschreibt und immer wieder zum Centrum zurückgeführt und verlöthet wird. Um auch diese Löthstellen gegen jede Oxydation zu sichern, werden dieselben mit Siegellack isolirt. Auf diese so armirte Hartgummiplatte wird nun ein Schwammstückchen und darüber ein Leinwandläppchen oder nur das letztere gebracht und sodann mittels Bindfäden oder eines Gummiringes in einer an der Peripherie dieser Hartgummischeibe verlaufenden Rinne fixirt.

C. Unpolarisirbare Elektroden.

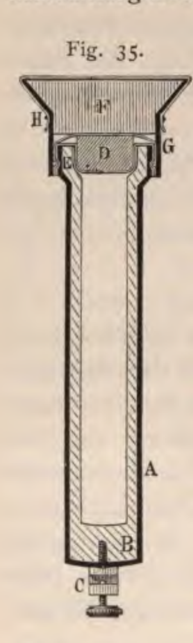
Bei allen bisher besprochenen Elektroden, selbst bei den unoxydirbaren, wird bei längerer Applicationsdauer durch die Rückwirkung der Polarisation auf die Gewebe der Haut eine ätzende Wirkung hervorgerufen. Besonders tritt dies am negativen Pole auf, wo infolge der chemischen Wirkung des galvanischen Stromes auf die Körperflüssigkeit eine Anhäufung von Alkalien des Blutes in Form von Aetzkali und Aetznatron stattfindet, wodurch der Papillarkörper der Haut angeätzt wird, infolge dessen sich nach einiger Zeit Hautschorfe abstossen und mitunter eine Vernarbung eintritt.

Eine solche Anätzung der Haut findet indes nicht statt, wenn man die Anhäufung dieser Substanzen an der Haut verhindert, dieselben nicht an der Hautoberfläche zurückhält, sondern durch den Strom selbst weiter in die Elektrode befördern lässt. Dies kann aber nur dann stattfinden, wenn man statt der Metallelektroden solche aus porösen, mit Flüssigkeiten erfüllten Substanzen verwendet. Derlei Elektroden werden unpolarisirbare Elektroden genannt und wurden zuerst von du Bois-Reymond verwendet und für die Zwecke der Elektrotherapie von Hitzig adaptirt.

Fig. 35 stellt eine derartige Elektrode dar. In den unten geschlossenen, oben etwas erweiterten und offenen Hartgummicylinder *A* wird ein innen wohl amalgamirter Zinkcylinder gleicher Form *B E* gekittet. Dieser letztere ist in seinem basalen Theile *B* etwas stärker im Metall gehalten, damit die Ausleitungsklemme *C* daselbst in der dargestellten Weise befestigt werden könnte. Dieser

Zinkcylinder wird mit concentrirter Zinkvitriollösung gefüllt und mittels des Thonpfropfens *D* geschlossen. Dieser wird durch Anrühren von möglichst reinem Thon mit concentrirter Zinksulfatlösung zu einer plastischen Masse hergestellt, und kommt, unter und ober denselben je eine Leinwandlage, die bei *E* mittels eines Fadens oder elastischen Ringes befestigt wird. Ueber diesen Verschluss wird eine zweite, oben trichterförmig sich erweiternde, beiderseits offene Hartgummiröhre *G* geschoben, welche mit einem Pfropfen *F* aus Papier maché, das mit einer zweipercentigen Kochsalzlösung befeuchtet wurde, verschlossen wird. Ueber diesen Aufsatz wird abermals ein Leinwandläppchen gespannt und bei *H* mittels Bindfaden oder eines elastischen Gummiringes festgehalten. Diese Elektroden entsprechen vollkommen ihrem Zwecke.

Fig. 35.



Der internationale Congress der Elektriker in Paris hat sich für die ausschliessliche Benützung unpolarisirbarer Elektroden zur Application der galvanischen Elektricität auf die unverletzte Körperoberfläche ausgesprochen. Die unpolarisirbaren Elektroden können in jeder beliebigen Grösse hergestellt werden, nur ist es nöthig, dieselben zum Gebrauche täglich frisch zu adjustiren, was 10—15 Minuten erfordert, ein Zeitverlust, der selbst beim praktischen Arzte kaum, beim Specialisten aber schon gar nicht in Betracht zu ziehen kommt.

Stöhrer hat unpolarisirbare Elektroden aus leicht gebranntem Thon hergestellt. Dieser hat die Gestalt eines beliebigen Knopfes und ist in die Mündung eines kurzen, cylindrischen, beiderseits offenen Glasgefässes eingekittet, welches an einem gewöhnlichen Elektrodenhandgriffe mittels einer Metallfassung angeschraubt wird. Von dieser ragt in das Glas ein Zinkstab fast bis an das thönerne Polende. Das Glasgefäss wird im Gebrauchsfalle abgeschraubt und mit concentrirter Zinkvitriollösung gefüllt. Die Polenden dieser Elektroden werden auch mit Leinwandläppchen überzogen.

D. Elektroden für specielle Applicationen.

Zur Application der Elektricität in der Mundhöhle, Nase, im Schlunde, Kehlkopf, in der Speiseröhre, im Magen, Mastdarm, in der Blase, Scheide, an der Gebärmutter u. s. w. dienen eigens geformte Elektroden. Dieselben haben zumeist Katheterform und sind bis auf eine an ihrer Spitze oder in ihrem Verlaufe blanke Metallfläche mit einem isolirenden Ueberzuge versehen. Eine derartige Elektrode dient für den differenten Pol, während der indifferente in der Nähe an die Haut aufgesetzt wird. Doch giebt es auch für diese Zwecke verschiedenartige Doppelelektroden.

a) Für den Mund dient eine Elektrode (Elektrodentafel Fig. *E*), die aus einer Polklemme, einem biegsamen, isolirten Metallverbindungsstabe und einem olivenförmigen Polende von 5 mm Durchmesser und 8 mm Länge besteht.

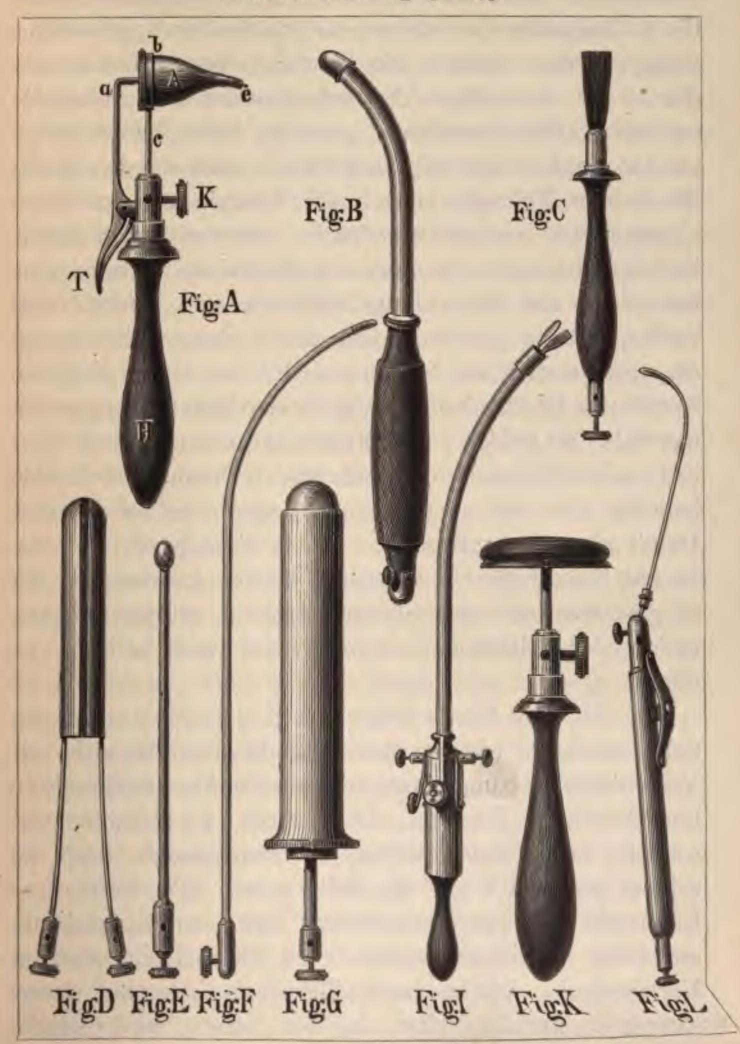
b) Für die Nasenhöhle kann entweder eine dieser ähnliche Elektrode oder der sogenannte Blasenexcitator

(Taf. Fig. *F*) verwendet werden. Dr. F. H. Bosworth in New-York verwendet bei der durch wiederkehrende Katarrhe infolge passiver venöser Stauung eintretenden Verengerung der Nasenhöhle eigens construirte Nasenelektroden, die er an die Nasenscheidewand oder an eine Nasenmuschel als differente Elektrode ansetzt, während der zweite Pol an der Schläfe oder sonst an eine indifferente Stelle applicirt wird. Diese Nasenelektrode besteht aus einem, in eine dünne Elfenbeinplatte eingelegten Silberplättchen als Polende, das durch einen biegsamen, isolirten Metallstab mit der Polklemme nach Art der Mundhöhlenelektrode verbunden ist.

c) Für den Pharynx kann ebenfalls eine katheterförmige Elektrode nach Art des Blasenexcitators (Taf. Fig. *F*) oder aber die für den Kehlkopf bestimmte einfache oder Doppelelektrode (Taf. Fig. *L* oder Fig. *I*) benützt werden.

d) Für den Kehlkopf dienen Elektroden mit kleinen Polenden, an langen, isolirten Verbindungsstäben und festen Handgriffen. Mitunter werden Einrichtungen getroffen, um diese Elektroden verstellen zu können. Eine derartige Elektrode mit Contacttaster ist z. B. in Fig. *L* (der Elektrodentafel) nach Dr. Fritsche dargestellt. Mehr empfehlen sich indes für den Schlund und Kehlkopf die Doppelelektroden, ganz besonders wenn man eine kräftige Erregung der Muskulatur oder der Nerven beabsichtigt. Derlei Apparate sind von Duchenne und Morell Mackenzie angegeben worden. Sie bestehen aus zwei von einander isolirten, kleine Metallplatten als Polenden tragenden Elektroden, welche in einer isolirenden Röhre verschiebbar sind. Werden diese Polenden in die Röhre zurück-

Elektrodentafel. Fig. 36—45.



gezogen, so kann die Elektrode eingeführt werden, ohne die umliegenden Gewebe zu reizen. An der Applicationsstelle werden sodann die Polenden vorgeschoben und durch die federnden Verbindungsstäbe von einander entfernt. Diese Anordnung gestattet indes keinen Druck an der Applicationsstelle auszuüben; auch werden häufig die beiden Polenden durch die Energie der gereizten Constrictoren zusammengedrückt und der Strom metallisch geschlossen; um diesem Uebelstande zu begegnen, hat Ziemssen eine Doppelelektrode aus starken Verbindungsstäben construirt, die durch einen Hebel gegen einander verstellt werden können. Leiter hat zu gleichem Zwecke die Elektrode Fig. *J* (der Elektrodentafel) hergestellt, in welcher die beiden Verbindungsstäbe unbeweglich in einer isolirenden Röhre untergebracht sind, während die Polenden beliebig weit von einander abgebogen werden können. Damit aber die umliegenden Theile nicht gereizt werden, ist am Handgriffe ein federnder Taster angebracht, der es gestatten soll den Strom erst nach erfolgter Application der Elektrode zu schliessen und beliebig zu öffnen.

e) Für die Speiseröhre und den Magen dienen Schlundsonden mit starkem metallischen Mandrin als Verbindungsstab und einem an dessen Spitze angebrachten knopfförmigen Polende. Der durch die Umhüllungsschicht der Sonde isolirte Verbindungsstab trägt an seinem anderen Ende die Polklemme. Die indifferente Elektrode wird dann mit breiter Platte am Epigastrium aufgesetzt. Indessen stehen auch Doppelelektroden in Verwendung, welche nach Tripier's Angabe derart hergestellt werden, dass in der Sonde zwei isolirte

Leitungsdrähte verlaufen, welche mit zwei, durch eine isolirende Zwischenlage, beispielsweise Elfenbein, Hartgummi etc., von einander getrennten und zu einem Knopfe vereinigten Polenden verbunden sind.

f) Die Ohrelektrode (Elektrodentafel Fig. *A*) besteht aus einem isolirenden Ohrtrichter aus Hartgummi *A*, welcher durch einen federnden Ring, oder eine federnde leicht abnehmbare Klemme *b* und einen kurzen Verbindungsstab *c* mit dem Handgriffe *H* verbunden ist. An der Metallfassung dieses Griffes ist einerseits die Polklemme *K* und andererseits der Hebel *J* angebracht, welch' letzterer an seinem Vorderende in einen knieförmig abgebogenen Draht *a e* ausgeht, der frei in den Ohrtrichter hineinragt. Durch einen Fingerdruck auf den Hebel wird das freie Drahtende beliebig in den Ohrtrichter zurückgezogen, wogegen es beim Nachlassen mit dem Drucke tiefer in denselben hineinragt. Der Trichter wird nach der Application mit lauem Wasser gefüllt, welches das eigentliche Polende vertritt.

g) Die Mastdarmelektrode besteht aus einer bis daumendicken, wohl abgerundeten, wohl isolirten Sonde, an deren vorderem Ende sich ein bis 1 cm dicker Metallknopf befindet. Diese Elektrode kann entweder gerade, oder wie die von Leiter (Fig. *B* der Elektrodentafel) gefertigte, leicht gekrümmt sein, doch stehen für diese Zwecke auch Doppelelektroden (nach Tripier) in Verwendung, wie z. B. die in Fig. *D* (der Tafel) dargestellte, an welcher die beiden Polenden einen vorn abgerundeten Metallcylinder formiren und in der Mitte durch eine isolirende Scheidewand von einander getrennt sind.

h) Die Uteruselektrode besteht aus einem metallenen Mandrin eines Milchglasspeculums. Dieses wird eingestellt und der Mandrin sodann bis an die Vaginalportion vorgeschoben. An seinem untern Ende trägt derselbe die Polklemmen. Aehnliche Elektroden werden auch für die Scheide benützt. Handelt es sich aber um intrauterine Elektrisation, so dienen diesem Zwecke sogenannte Elevationselektroden. Dieselben bestehen aus einem beliebigen, z. B. Elliot'schen Elevator, welcher an seinem vorderen, beziehungsweise inneren Ende mit einer metallenen Contactfläche für die Ausleitung des Stromes versehen ist, woher der Ausleitungsdraht durch die isolirende Umhüllungsschicht bis zum Handgriffe geht und daselbst in eine Polklemme endet.

i) Für die Harnröhre und Blase dient der sogenannte Blasenexcitator (Elektrodentafel Fig. *F*). Es ist dies ein gewöhnlicher englischer Katheter, durch welchen ein starker Draht als Mandrin geführt wird, der am Vorderende in ein olivenförmiges, metallenes Polende ausgeht, an seinem Hinterende dagegen die Polklemme trägt. Dies Instrument wird in allen Dimensionen, entsprechend den Katheternummern gefertigt, und soll das olivenförmige Polende mit dem Leitungsdrahte gut verlöthet und nicht etwa nur einfach durch Anschrauben verbunden sein, weil in letzterem Falle leicht eine Lockerung und bei minder vorsichtigem Gebaren ein Zurückbleiben des Polendes in der Harnblase oder Harnröhre eintreten könnte.

Uebrigens stehen für die Harnblase noch Doppelelektroden in Verwendung, die auch nach dem Muster der *bereits* erwähnten Doppelelektroden mit federnden Enden

gefertigt werden. Die letzteren können in Kathetern zurückgezogen werden, wobei sie durch metallische Berührung den Strom schliessen und zugleich einen olivenförmigen Obturator des Katheters bilden. Ist dieser eingeführt, so werden die beiden federnden Verbindungsstücke der Polenden mit ihren Klemmen, die im Katheter von einander isolirt sind, vorgeschoben, und die Polenden treten auseinander. Vor der Entfernung des Instrumentes müssen dieselben wieder zurückgezogen werden.

Es kann hier selbstverständlich nicht auf alle bisher zu den vorgenannten Zwecken construirten verschiedenen Elektroden eingegangen werden, sondern es wurden nur einige als Beispiele vorgeführt für die Principien, nach welchen dieselben zu fertigen sind. Bei allen diesen innerlich zu verwendenden Elektroden kommt es vor allem anderen auf deren Gestalt und entsprechende Form, ferner auf einen metallenen Contact und eine zweckmässige Isolirung der übrigen Theile der Elektrode an. Diese Isolirung wird zumeist aus Hartgummi oder Celluloid gefertigt. Beide haben die Eigenschaft, sich leicht und gut reinigen und desinficiren zu lassen, und beide gestatten es, die fertige Elektrode durch Erwärmung und Biegung in jede beliebige Form zu bringen.

Zur Hautreizung mittels des Inductionsstromes wird der Duchenne'sche Metallpinsel (Elektrodentafel Fig. ()) verwendet.

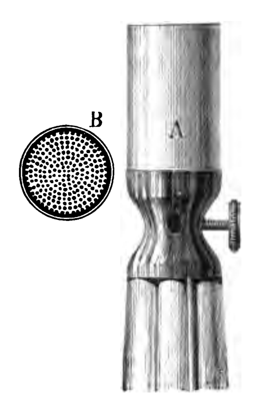
E. Elektrodiagnostische Elektroden.

Ausser den Elektroden, welche zur Application Elektricität zu therapeutischen Zwecken dienen, noch einige zu erwähnen, die blos in der Diagnosti

wendet werden. Hieher gehören die Elektroden zur Untersuchung der cutanen Sensibilität.

Leyden verwendete hiezu einen Metallzirkel, dessen beide Spitzen gegen einander isolirt und mit Polklemmen versehen waren. Allein die Untersuchung der Hautsensibilität mit zwei Zirkelspitzen ist nicht zuverlässig, denn bei dieser Untersuchungsmethode hat der Strom blos zwei Eintrittsstellen, und es ist durchaus nicht gleichgiltig, ob dieselben im Bereiche beispielsweise eines cm^2 auf Haarbälge und Schweissdrüsen oder auf trockene Epidermisschuppen zu liegen kommen. Daher haben auch diesbezügliche Untersuchungen verschiedener Forscher an Gesunden, die ein Schema der Empfindlichkeit der Haut an verschiedenen Körperregionen aufstellen wollten, zu verschiedenen Resultaten geführt.

Fig. 46.



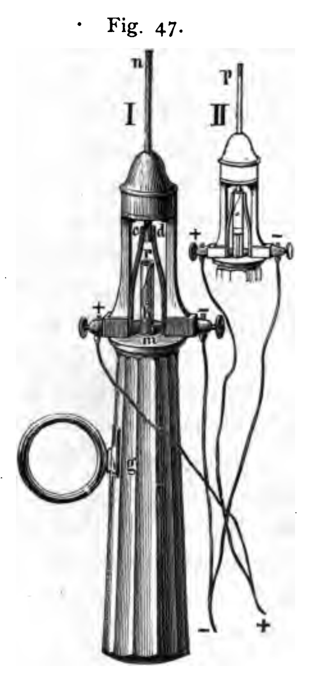
Erb construirte, um diese Fehlerquelle zu eliminiren, eine eigene Elektrode zur faradocutanen Sensibilitätsprüfung nach Art eines Metallpinsels, die jedoch die Nachtheile der etwaigen mechanischen Wirkungen der einzelnen Drähte ausschliesst. Diese Elektrode (Fig. 46) besteht aus einer Hartgummiröhre *A*, welche mit einem Bündel von 400—500 feinen, übersponnenen und wohlgefirnissten Drähten erfüllt ist. Diese Drähte sind am freien Ende dieses Hartgummicylinders genau abgeschliffen, am anderen Ende aber von ihrer Isolirung

befreit und an das, die Polklemme tragende, metallene Verbindungsstück dieser Hartgummiröhre angelöthet.

F. Commutatorelektroden.

Bei der praktischen Anwendung der Elektricität kommt es mitunter vor, dass der Arzt keine Hand frei hat, und die Stromwendung in diesem Falle durch einen Assistenten oder Wärter vorgenommen werden muss. In anderen Fällen wieder ist es bei gewissen Untersuchungen, wo sich der Arzt vor unrichtigen Angaben sichern will, nöthig, die Stromeswendung vorzunehmen, ohne dass der Untersuchte die Ausführung derselben bemerkt. Für diese Fälle wurden mehrfach die Stromwendungsvorrichtungen in die Elektroden versetzt und so verschiedenartige Commutatorelektroden construirt. Alle derartigen Apparate lassen sich in zwei Gruppen scheiden, nämlich in eine, bei der die Stromeswendung nur in einer Elektrode vorgenommen wird, und in eine zweite, wo die Stromeswendung an beiden Elektroden auszuführen ist.

Fig. 47.



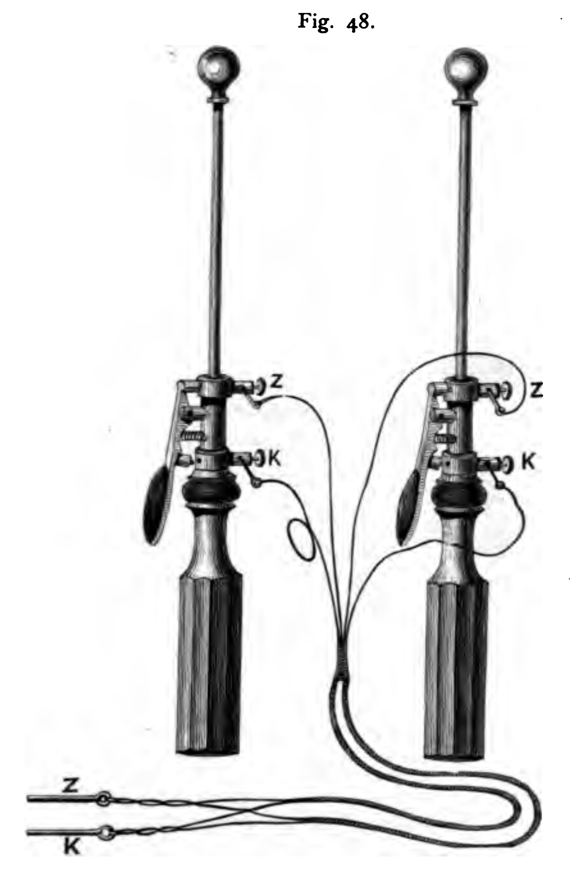
Apparate letzterer Art haben unter Anderen: Leiter und die Firma Mayer & Wolf construirt. Leiter's Stromwenderheophor (Fig. 47) besteht aus einem durch-

bohrten Griffe, in welchem mittels des Kautschuk-ringes g die Metallröhre m verschiebbar ist. Das obere Ende dieser Metallröhre ist mit einer Kautschukhülse b zur Hälfte isolirt; c und d sind Metallfedern, welche mit den Polklemmen + und — verbunden sind und auf den zur Hälfte mit Elfenbein isolirten Metallzapfen r drücken. Die Feder c drückt auf die isolirte, d auf die metallische Seite dieses Zapfens. Die Batteriepole sind, wie aus der Zeichnung ersichtlich, mit den Klemmen + und — verbunden. In der Stellung I findet zwischen der mit dem negativen Batteriepole verbundenen Feder d und dem Metallzapfen r Contact statt; es wird somit das auf n aufgeschraubte Polende die Kathode sein; in der Stellung II ist das vorher beschriebene Rohr auf den Zapfen r aufgeschoben und bildet einerseits mit diesem, andererseits mit der Feder c (vom positiven Batteriepole) metallischen Contact, hebt hingegen wegen seiner einseitigen Isolirung die Leitung von d auf; das auf p aufgeschraubte Polende wird somit die Anode sein. Sind beide Rheophoren in gleicher Stellung, so ist der Strom unterbrochen und kann entweder mit der Anode oder Kathode geschlossen werden; desgleichen ist es möglich, Anoden- und Kathodenöffnung hervorzubringen.

Mayer & Wolf haben ein Paar Stromwende-Elektroden construirt, die in Fig. 48 dargestellt sind. Die Hartgummihandgriffe endigen in kurze Metallcylinder, an welche die Metallstäbe mit den Polenden angeschraubt sind. Auf diese Metallcylinder sind isolirt je zwei Metall-ringe aufgesteckt, welche die Polklemmen K und Z tragen. Der Hebel steht mit dem Mittelstücke in leitender

Verbindung und wird durch eine kleine Spiralfeder permanent auf den an *Z* befindlichen Contact angedrückt.

Fig. 48.



Da nun beide mit *Z* bezeichneten isolirten Klemmen mit dem Zinkpole der Batterie durch eine Doppelschnur ir Verbindung stehen, wird, sobald beide Hebel auf *Z* ai

liegen, kein Strom circuliren können. Es tritt dieses erst dann ein, wenn man den einen Hebel auf K niederdrückt, weil jetzt die eine Elektrode mit der Anode, die andere mit der Kathode in Verbindung steht. Durch abwechselndes Niederdrücken dieser Hebel kann man sowohl Stromeswendungen, wie auch Stromesunterbrechungen ausführen.

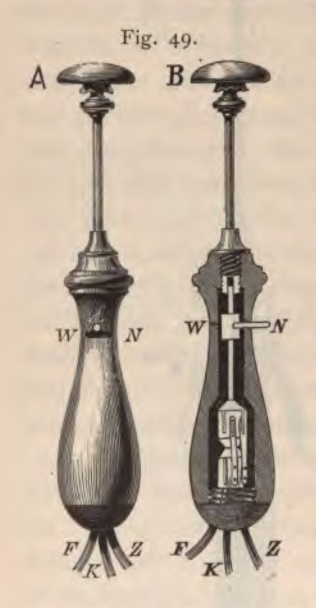


Fig. 49.

Von der zweiten Art dieser Vorrichtungen, wo die Stromwendung nur in einer Elektrode vollzogen wird, während die andere Elektrode eine einfache, beliebige sein kann, sind unter vielen die von Dr. Arnold in Volkach und von der Firma Fein construirten zu erwähnen.

Dr. Arnold's Stromwende-Elektrode sieht äusserlich einem gewöhnlichen Rheophoren gleich. An das Hinterende des Griffes (Fig. 49 A) treten drei Leitungsschnüre, die mit F, K, Z bezeichnet sind. Der Körper des Handgriffes besitzt an seinem Vorderende einen beweglichen Stift, der nach W, A oder N gestellt werden kann. Die innere Einrichtung dieses Apparates ist aus der Durchschnittszeichnung (Fig. 49 B) ersichtlich. Von den drei Leitungsschnüren stehen zwei mit der Batterie, und zwar K mit dem positiven und Z mit dem negativen Pole derselben in Verbindung, während die dritte Leitungs-

schnur *F* die Verbindung mit der zweiten Elektrode vermittelt. Die beiden Zuleitungen *K* und *Z* sind mit Federn verbunden, welche auf drei Metallamellen schleifen, deren zwei äussere mit der oberen Metallfassung und durch diese mit dem Polende der Stromwende-Elektrode in metallischem Contacte stehen, während die mittlere mit der Fortleitung *F* verbunden ist. Mittels des Stiftes *A* ist der ganze, im Innern der Elektrode untergebrachte Drehkörper derart nach rechts und links beweglich, dass die Feder *K* bald mit der äusseren, bald mit der inneren Lamelle in Berührung kommt, wo dann entweder diese Elektrode oder die zweite zur Anode wird. Ist der Stift *A* nach rechts gegen *N* gestellt, so ist die Stromwende-Elektrode die Kathode. Wird dieser Stift nach links gegen *W* (Wendung) gestellt, so ist diese Elektrode die Anode. Steht dagegen der Stift in der Mittelstellung bei *A*, wie in Fig. 49 *A*, so ist der Strom unterbrochen. Diese Elektrode gestattet somit auch sowohl Unterbrechung, wie Stromeswendung.

Fein's Elektrodenhalter mit Stromeswechsler ist in Fig. 50 dargestellt. Der Handgriff dieser Elektrode besteht aus einem Holzgriffe *A*, Fig. 50 I, der mit einer Metallfassung versehen ist, an der sich das Gewinde *C* zum Aufschrauben eines beliebigen Polendes befindet. Das Querstück *D* dieser Metallfassung bildet die Drehaxe des Hebels *B*, dessen vorderer Arm durch die beiden von einander isolirten Metallfedern *h* und *i* gebildet ist. Der Hebel *B* steht mittels der Feder *i* und der Drehaxe *D* mit der Metallfassung des Elektrodenhalters (somit mit dem Gewinde *C*) in Verbindung, während die zweite Feder *h* (von der Metallfassung) durch eine Ha

gummiplatte vollkommen isolirt ist und mit der Klemmschraube K für den Leitungsdraht der zweiten Elektrode in Verbindung steht. Ein aus Hartgummi gefertigter viereckiger Rahmen, der in Fig. 50 II in seiner Seitenansicht besonders abgebildet ist, enthält die beiden Klemmschrauben f und g für die Zuleitungsdrähte der Batterie und 4 in Platinspitzen ausgehende Contactschrauben b, a, c, d, wovon in der früheren Figur nur die seitlichen, a und b, sichtbar sind. In die Oeffnung dieses Hartgummirahmens ragen zwischen den bezeichneten Contactschrauben die ebenfalls mit Platincontacten versehenen Enden der beiden Federn h und i, welche durch die Bewegungen des Hebels abwechselnd mit den Contactschrauben b und a oder c und d in Berührung gebracht werden können. Die Polklemme f steht mit den

Fig. 50.



Contactschrauben *d* und *b*, die Polklemme *g* mit den Contactschrauben *c* und *a* in leitender Verbindung. Das Hebelende *B* ist durch eine Hartgummiplatte isolirt und bewirkt, sobald es hinabgedrückt wird, den Contact der beiden Federn *h* und *i* mit den Contactschrauben *a* und *b*. Ist nun beispielsweise der positive Batteriepol bei *f* und der negative bei *g* eingeschaltet, so kreist der Strom während der Ruhelage des Hebels *B* durch die Klemmschraube *f*, die Contactschraube *d*, die Feder *i* zur Metallfassung *C*, wodurch das hier aufgeschraubte Polende zur Anode wird, während der negative Batteriepol durch die Klemmschraube *g*, die Contactschraube *c*, die Feder *h* und die Klemmschraube *K* mit der zweiten Elektrode in leitender Verbindung steht, welche in diesem Falle die Kathode bildet. Wird der Hebel *B* niedergedrückt, so kommen die beiden Federn *h* und *i* mit den beiden Contactschrauben *a* und *b* in Berührung und der Strom kreist von der Klemmschraube *f* durch die Contactschraube *b*, die Feder *h* zur Klemmschraube *K* und der mit ihr verbundenen zweiten Elektrode, welche jetzt zur Anode wird, während der negative Batteriepol durch die Polklemme *g*, die Contactschraube *a* und die Feder *i* mit der Metallfassung *C* in leitender Verbindung steht, wodurch das hier aufgeschraubte Polende nunmehr zur Kathode wird.

G. Elektroden mit Unterbrechungsvorrichtung.

An die Stromwende-Elektroden schliessen sich die von M. Meyer in Gebrauch gezogenen Elektroden Unterbrechungsvorrichtungen an. Der Arzt kann

allerdings jedesmal einfach durch Abheben einer Elektrode den Strom unterbrechen, allein oft genug wird es nöthig, dies zu bewerkstelligen, ohne die Elektrode zu verrücken. Dies Bedürfnis stellt sich jedesmal dann ein, wenn z. B. schwache Muskelcontractionen während der Stromesöffnung oder Schliessung beobachtet werden sollen und man sich vor Täuschungen schützen will; denn hebt man die Elektrode rasch ab und setzt dieselbe rasch wieder auf, so wird durch diese Bewegungen oft eine Muskelcontraction vorgetäuscht, während bei Stromesschliessung und Oeffnung, ohne die Elektrode zu verrücken, auch nicht die geringste Reaction eintritt.

Fig. 51.

Stromunterbrechende Elektroden werden wesentlich in zweifacher Art hergestellt. Bei den einen ist der Strom durch den Mechanismus der Elektrode geschlossen und der Arzt hat einen Hebel niederzudrücken, oder einen Stift zu verschieben, um den Strom zu unterbrechen; bei den anderen muss der Strom in der Elektrode erst durch eine derartige Bewegung geschlossen werden, während der Apparat von selbst die Unterbrechung des Stromes bewirkt, sobald man mit dem Drucke nachlässt. Da die Leistung beider Sorten dieser Apparate die gleiche ist, wird die erstere Ausführung den Vorzug verdienen. Eine der einfachsten Vorrichtungen ist die von M. Meyer angegebene und von der Firma Mayer und Wolf hergestellte (Fig. 51). Die Metallfassung des Handgriffes, welche die Klemmschraube und den Contact-

hebel trägt, ist von dem Metallstabe, der den Endpol trägt, durch einen Hartgummiring isolirt. Der metallische Contact zwischen diesem Grundstücke und dem von ihm isolirten oberen Theile mit dem Endpole wird durch den Hebel, der Platincontact besitzt, bewerkstelligt. Drückt man die den Contact herbeiführende Feder mit dem längeren Arme des Hebels nieder, so wird der vordere Contact aufgehoben und der Strom unterbrochen.

Ausser diesen Stromwendungs- und Unterbrechungselektroden wurden von Hughes, Bennet und Reininger complicirte Elektroden construirt, welche ausser der Stromwendungs- und Unterbrechungsvorrichtung noch einen Rheostaten im Griffe enthalten und durch einen Fingerdruck auf verschiedene Hebel und Stifte bald den Strom zu wenden, bald zu unterbrechen, bald zu schwächen oder zu verstärken gestatten. Solche Elektroden sind indes äusserst complicirt und dürften sich kaum in der Praxis einbürgern.

Ausser diesen Elektroden stehen noch verschiedene andere, bei der allgemeinen Elektrisation, sowie bei der Verbindung dieser mit der Massage, endlich in der Galvanokaustik und Galvanolyse in Verwendung, welche an passender Stelle Erwähnung finden sollen.

9. Galvanometer.

Als letzter Hilfsapparat der in der elektrotherapeutischen Praxis verwendbaren galvanischen Batterien, ist noch ein brauchbares Galvanometer anzuführen. Es ist dies ein sowohl für jede genäuere Untersuchung, sowie auch für die elektrotherapeutische Praxis geradezu

unentbehrliches Instrument. Denn alle Angaben der Stromstärken, seitens der Elektrotherapeuten waren bisher durchaus höchst vage, unverlässlich und völlig werthlos. Denn während das eine Mal blos von starken, mittelstarken und schwachen Strömen gesprochen wird, findet man andererseits die Angaben der Stromstärke in Elementenzahlen ausgedrückt, welche Angabe aber ebensoviel gilt, als die frühere. Der Leser ist in allen solchen Fällen völlig im Unklaren darüber, in welchem Zustande sich die Elemente befanden, ob sie frisch gefüllt oder schon lange gebraucht, wie die Verbindungen derselben und wie die Contacte beschaffen waren etc. Keinen grösseren Werth können aber auch alle Rheostatangaben beanspruchen, da man doch über die Hauptsache, nämlich über die Stromstärke, die einen geringeren oder grösseren Widerstandskreis zu überwinden hat, nicht orientirt ist. Allein auch die Angabe der Nadelablenkungen an einem selbst ganz guten Multiplicator giebt über die verwendeten Stromstärken keine sicheren und vergleichbaren Angaben; denn erstlich ist die Nadelablenkung durch eine und dieselbe Stromesquelle verschieden, je nach der Empfindlichkeit der verschiedenen Galvanometer, und es werden verschiedene Beobachter selbst mit äusserlich ähnlichen Instrumenten ganz verschiedene Nadelablenkungen notiren, weil Galvanometer gleicher Empfindlichkeit praktisch nicht herstellbar sind. Aber auch bei einem und demselben Galvanometer sind die Nadelablenkungen nicht für alle Stromstärken diesen proportional; denn für geringere Stromstärken nimmt die Nadelablenkung ziemlich proportional der Stromstärkezunahme zu, für grössere Stromstärken aber wachsen diese rascher als

die Nadelablenkungen und zwar (wegen der Inconstanz der Galvanometerfunction) nach einem für jedes Instrument besonderen und sehr complicirten Gesetze. Ausserdem wirkt noch der Erdmagnetismus auf alle Horizontalgalvanometer in verschiedenen Breitegraden verschieden ein und bedingt somit auch eine Fehlerquelle.

Bisher haben die Aerzte, zumeist wohl nur auf luxuriös ausgestatteten Elektrisirtischen oder sogenannten »Gesammtapparaten« fast mehr der Zierde halber ein Galvanoskop stehen gehabt, welches höchstens dazu verwendet werden konnte, anzuzeigen, ob überhaupt ein Strom circulirt. Die Dosirung der Elektricität, welche in speciellen Fällen verwendet wurde, geschah entweder durch Stromeswahl oder durch Einschaltung von Rheostatwiderständen. Die Praktiker schätzten die Stromstärken nach ihrem Gefühle ab, analog wie die Badewärterin nach der Sensibilität ihres Ellbogens dem Kinde das Bad temperirt. Wie aber die Temperatur genau mittels des Thermometers bestimmbar ist, so ist die Stromstärke ebenfalls mittels eines Galvanometers, das nach absoluten elektrischen Einheiten graduirt ist, genau bestimmbar. Es kann wohl auch ein Multiplicator (in Form einer Tangenten- oder Sinusboussole) zu derlei Messungen herangezogen werden, aber dann müssen die den Ablenkungswinkeln entsprechenden Stromstärken erst durch Rechnung gefunden werden, was einerseits umständlich ist, während andererseits die Aufstellung dieser Apparate und die Ablesung derselben schon eine bedeutende Uebung erheischt und mit Zeitverlust verbunden ist, aus welchen Gründen diese Instrumente weder für den praktischen Arzt noch für den Specialisten als brauchbar

hingestellt werden können. Ein nach absoluten Masseinheiten getheiltes Galvanometer hingegen ist einfach in die Stromesleitung einzuschalten und ermöglicht sofort eine ganz genaue Angabe der verwendeten Stromstärke, die jedesmal und von jedermann mit einem beliebigen anderen nach denselben Einheiten graduirten Galvanometer controlirt werden kann. Zugleich ermöglicht aber die Verwendung eines solchen Apparates andererseits eine Dosirung der für jeden Fall in der elektrotherapeutischen Praxis zu benützenden Elektricitätsmenge.

Der internationale Congress der Elektriker zu Paris hat die Frage über die Anwendung der Elektricität in der Heilkunde der III. Section des Congresses zugewiesen, welche diesen Gegenstand in ihrer 4. und 5. Sitzung am 20. und 21. September 1881 zur Discussion brachte. Das Ergebnis dieser Verhandlungen legte der Vorsitzende du Bois-Reymond der Gesammtsitzung des Congresses vom 28. September in einem Berichte vor, aus dem nachstehende Punkte in wörtlicher Uebersetzung lauten:

»Die Commission hat es für zweckmässig befunden, die Frage: »»Ueber die Nothwendigkeit in wissenschaftlicher Weise die Ströme zu bestimmen, deren man sich bei den ärztlichen Verrichtungen bedient, und deren Masse auf elektrische Einheiten zu beziehen««, zweifach zu behandeln, nämlich einmal in elektrotherapeutischem Sinne und zweitens im Sinne der reinen Experimentalphysiologie.

Bei der Anwendung continuirlicher Ströme zu elektrotherapeutischen Zwecken wird man erst dann zur Messung der Elektricität schreiten, wenn die vom eingeschalteten

Körper herrührenden Widerstände ihren Einfluss auf die Stromstärke geltend gemacht haben. Die Praktiker werden bei diesen Messungen gut thun, dem Vorschlage d'Arsonval's und dem bereits in München befolgten Verfahren sich anzuschliessen, und werden nur solche Galvanometer benützen, welche in Einheiten, bezogen auf das C.-G.-S.-System, graduirt sind. Alsdann werden nämlich die Elektrotherapeuten sagen können, dass sie unter Anwendung eines Stromes von bestimmter absoluter Stärke diesen oder jenen Erfolg erzielt zu haben glauben.

Die Commission empfiehlt ferner die Anwendung unpolarisirbarer Elektroden für ärztliche Zwecke, weil bei solchen weder Schmerz noch Erytheme auftreten.

Zur Bestimmung der in der Elektrotherapie angewendeten Inductionsströme dürfte die einfache Angabe des Rollenabstandes am du Bois-Reymond'schen Schlittenapparate genügen, vorausgesetzt, dass man sich bei der Anfertigung dieser Inductorien eines Apparates als Muster bedient, dessen Dimensionen ein- für allemal festgesetzt sind, und dass man im primären Stromeskreise immer eine und dieselbe Kette, z. B. ein Daniell'sches Element, wirken lässt. Die Commission empfiehlt für Schlitteninductorien als Muster die im physiologischen Laboratorium der Universität Berlin langjährig gebräuchliche Form.«

Das erste nach Stromstärkemass geaichte Galvanometer für medicinische Zwecke hat Dr. Th. Edelmann in München im Jahre 1873 hergestellt. Dasselbe war nach dem chemischen Stromstärkemass von 1 mm^3 Knallgas per Minute als Einheit graduirt. Diese, der Eintheilung

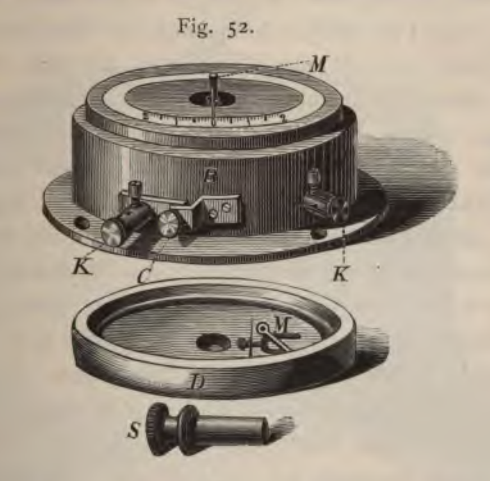
Milli-Ampères fast gleiche Aichung hat Edelmann bis zum Bekanntwerden der Beschlüsse des Pariser Congresses (1881) beibehalten und hernach die Graduirung in Milli-Ampères vorgenommen, woraus sein Taschengalvanometer hervorgieng. Da jedoch die Spitzensuspension wegen der Reibung grössere Misstände mit sich bringt, hat Edelmann auf Veranlassung des Geheimrathes Professor von Ziemssen noch ein medicinisches Galvanometer mit Fadensuspension construirt, welches Ziemssen im Archiv für klinische Medicin, Band 30, Heft 5 und 6 beschrieb, und welches nebst dem Taschengalvanometer auf der Münchener elektrischen Ausstellung exponirt war. Weil aber auch dieser Apparat noch mancherlei zu wünschen übrig liess, hat Edelmann denselben nochmals reconstruirt, in welcher Form er nunmehr wirklich ausgezeichnet functionirt.

Das Taschengalvanometer Dr. Th. Edelmann's (Fig. 52) besteht aus einer Holzbüchse *B*, innerhalb welcher die Drahtwindungen und ein starker kupferner Dämpfer für die Bewegungen der Nadel untergebracht sind. Oben befindet sich eine Metallplatte mit der Theilung, unten eine eben solche stärkere, auf welcher das Instrument steht. An dem Umfange dieser Büchse sind die Metalltheile *K K C* angebracht. *K K* sind die stromzuführenden Klemmschrauben, die Schraube *C* vermittelt das beliebige Aus- und Einschalten eines Stromzweiges zwischen *K K*, durch welches man erreichen kann, dass von dem zu messenden Strome nur mehr ein Zehntel durch das Galvanometer fliesst. Dem Instrumente ist noch ein Deckel *D* beigegeben, in welchem während des Transportes die Magnetnadel (Galvanometernadel) *M*

untergebracht werden kann und welcher Deckel nach dem Aufsetzen über das Galvanometer mit der Schraube *S* in seiner Lage gesichert wird.

Beim Gebrauche schraubt man die Schraube *S* los, legt den Deckel *D* ab, entnimmt demselben die Nadel, welche man vorsichtig auf die Spitze inmitten des Gal-

Fig. 52.



vanometers aufsetzt. Das letztere auf einer soliden Unterlage (Fensterbrett etc.), entfernt von magnetischen Dingen und grösseren Eisenmassen aufgestellt, wird nun so lange gedreht, bis der Zeiger der (hufeisenförmigen) Magnetnadel auf Null einspielt, wie die Figur zeigt. Durch leises Klopfen auf der Unterlage überwindet man die Trägheit der Nadel, ein Umstand, der bei der Spitzensuspension unvermeidlich ist. Führt man nunmehr durch die Klemmschrauben *K K* einen Strom ein, so liest man an dem Stande der Nadel über der Theilung die Strom-

stärke direct ab: Ein Ausschlag bis zu 1 oder 2 bedeutet eine Stromstärke von 1 oder 2 Milli-Ampères. Die Zehntel-Milli-Ampères sind gleichfalls direct an der Theilung als Zwischenpunkte angebracht, die Hundertel müssen geschätzt werden. So würde man z. B. wenn der Zeiger um zwei Zehntel des Zwischenraumes über dem dreizehnten Theilpunkte stehen würde, die Stromstärke von 1·32 Milli-Ampères im Stromkreise haben. Dies Alles gilt für den Umstand, als die Schraube *C* nicht hineingeschraubt und keinen leitenden Contact machen würde. Findet dies statt, dann ist die Empfindlichkeit des Galvanometers nur mehr ein Zehntel von der früheren, die direct abgelesenen Zahlen erhalten also ihren zehnfachen Werth, und der oben als Beispiel angegebene Zeigerstand ergiebt eine verwendete Stromstärke von 13·2 Milli-Ampères. Der Messumfang des Instrumentes ist also von 0 bis zu 2 und durch die Schaltung *C* bis zu 20 Milli-Ampères, eine Stromstärke, über welche hinaus in der Elektrotherapie fast nie verfügt wird.

Das Instrument ist transportabel und handlich, der Holzschnitt ist halbe natürliche Grösse.

Dr. Edelmann's Einheitsgalvanometer für medicinische Zwecke, (Fig. 53) dem vorigen in vielen Dingen ähnlich, ist ebenfalls nach absolutem Strommasse (direct in Milli-Ampères) getheilt, jedoch empfindlicher, hat einen Messumfang von 0 bis zu 500 Milli-Ampères und Fadensuspension für die Nadel, wobei durch eine eigenthümliche Verschiebbarkeit der Suspensionsröhre der Faden gegen Zerreissen während des Transportes geschützt wird. Die glockenförmige Magnetnadel

bewegt sich innerhalb eines sehr dickwandigen Kupfercylinders, wodurch eine so hochgradige Dämpfung derselben erzielt wird, dass sie ihre Ruhe- oder Ablenkungsstelle schwingungslos einnimmt. Das Instrument (Fig. 53) besteht aus dem Dreifusse *F*, der Holzbüchse *B* und der Boussole *C*. Wegen der leichten Orientirung in die mag-

Fig. 53.



netische Nordsüdrichtung ist *B* sammt *C* im Dreifusse *F* vermittels eines konischen Zapfens drehbar und ist dann diese Stellung durch die Klemmschraube *g* zu sichern. *K K* sind auch hier die stromzuführenden beiden Klemmschrauben, ausserdem sind hier noch zwei Schrauben 10 und 100 angebracht, durch welche man Zweige einzuschalten und dadurch die ursprüngliche Empfindlichkeit des Instrumentes auf ein Zehntel oder ein Hundertel herabzusetzen vermag. Innerhalb des Gehäuses *B* sind die Galvano-

meterrollen, der dämpfende Kupfercylinder, die Galvanometernadel und die zu den Schrauben 10 und 100 gehörigen Widerstandsrollen angebracht. Der mit der Nadel verbundene Aluminiumzeiger *Z* schwingt über der Theilung, welche in Zehntel graduirt ist und rechts und links die Bezifferung 1, 2, 3, 4 bis 5 trägt. Dieselbe bedeutet ohne Einschaltung der Zweige ebensoviele Milli-Ampères; bei Benützung der Schraube 10 oder 100 hat man den zehn- oder hundertfachen Betrag der Ablesung zu nehmen.

Der Zeiger *Z* schwingt unterhalb eines Glasdeckels, in dessen Mitte die Fadensuspension *S* angebracht ist; löst man die Schraube *a* und zieht den obersten Knopf bei *S* so weit heraus, als es möglich ist, dann schwingt die Nadel frei. Schiebt man dagegen den Knopf *S*, welcher das Ende der Suspensionsröhre ist, so tief als möglich herab und fixirt diese Stellung durch *a*, dann ist der Faden (vierfacher Cocon) lose, die Nadel zugleich arretirt, und das Instrument zum Transporte geeignet.

Auch dieser Apparat ist leicht transportabel; der Holzschnitt ist in halber natürlicher Grösse ausgeführt. Eine Inschrift auf der Theilung giebt an: die erdmagnetische Horizontalintensität, für welche die Aichung des Instrumentes giltig ist, ferner die Schwingungsdauer der auf constanten magnetischen Zustand gebrachten Nadel in Secunden für die Horizontalintensität »Eins«, damit man auf grösseren Reisen durch Schwingungsversuche die örtliche Intensität auffinden und die Ablesungen am Instrumente corrigiren könne, endlich die drei Widerstände des Galvanometers in absolutem Masse (resp. Ohms). Die Glasplatte der Boussole trägt eine

Kreistheilung, welche man zu allenfallsigen Versuchen über die Torsion des Coconfadens benützen kann. Anwendung und Einstellung des Instrumentes ist im Uebrigen dieselbe wie bei Edelmann's Taschengalvanometer.

Ausser diesen beiden Instrumenten, von welchen das letztere ein in jeder Hinsicht vorzügliches genannt werden muss, hat noch Gaiffe in Paris ein nach Milli-Webern geaichtes Galvanometer für medicinische Zwecke hergestellt, welches u. A. von Müller (in Graz) warm empfohlen wurde. Ich habe indes sowohl mit den beiden beschriebenen Edelmann'schen Instrumenten, als auch mit einem Gaiffe'schen Galvanometer (alle drei waren Originalapparate) experimentirt und muss den Edelmann'schen unbedingt den Vorzug geben.

Abgesehen von der Wahl der Einheiten ist das Edelmann'sche Taschengalvanometer (denn mit dem andern lässt sich das Gaiffe'sche gar nicht vergleichen) ein unendlich empfindlicheres Instrument, als das Gaiffe'sche, welch' letzteres ebenfalls Spitzensuspension, aber keine Kupferdämpfung, sondern eine sehr schwere, ganz einfache Magnetnadel besitzt, welche aber unendlich träge ist.

Dazu ist dieser Apparat auf einem bedeutend grösseren, viereckigen Holzbrette aufgestellt, welches keine Stellschrauben besitzt und kaum in horizo
Lage gebracht werden kann. Die Nadel bleibt in
beliebigen Stellung stehen, man kann klopfen,
man will. Schaltet man einen Strom ein, so gi
einen Ausschlag; wendet man den Strom, so is
Ausschlag auf der anderen Seite geringer; wendet

abermals, so ist der neuerliche Ausschlag wieder geringer, und nach einigen Stromeswendungen reagirt die Nadel gar nicht mehr. Ich habe mich mit diesem Instrumente viel geplagt und viel geärgert und kann es Niemand empfehlen.

Die Edelmann'schen Instrumente sind, wie schon erwähnt, ebenfalls transportabel, und wer eine grössere Ausgabe scheut, wird in dem Edelmann'schen Taschengalvanometer ein ganz brauchbares Instrument finden; wer Anspruch auf ein vollkommenes, in jeder Richtung entsprechendes Instrument macht, mag sich das Edelmann'sche Einheitsgalvanometer wählen.

Instrumentenmacher Katsch in München hat einer constanten Batterie für ärztliche Zwecke ein nach Milli-Ampères geaichtes Galvanometer beigegeben, an welchem Stromstärken bis zu 12—13 Milli-Ampères abgelesen werden können. Da 1 Milli-Ampère annähernd einem Strom von 3 Daniell-Elementen nach Einschaltung des menschlichen Körpers entspricht, so gestattet dieses Instrument die Messung der Stromstärke bis zu 39 Daniell-Elementen, einer Stromstärke, die in der elektrotherapeutischen Praxis kaum je überschritten werden dürfte.

Sollen übrigens die galvanometrischen Stromstärkeangaben der Elektrotherapeuten irgend welchen absoluten und vergleichbaren Werth haben, so muss vor allem Anderen auf die Stromdichte Rücksicht genommen werden. Deshalb ist nebst der Angabe der Stromstärke der Durchmesser der verwendeten Elektrodenflächen und die Art der Application zu bemerken.

10. Batterien für elektrotherapeutische Zwecke.

Im bisher Gesagten wurden absichtlich die für die Anwendung der Elektricität in der Heilkunde bei der Application des Stromes auf die unverletzte Körperoberfläche erforderlichen Hilfsapparate noch vor der Beschreibung der verschiedenen, zu diesem Zwecke verwendbaren Batterien erörtert, weil gerade die Ausführung dieser Hilfsapparate den Werth der einzelnen Batterien bedingt. Denn was diese letzteren an und für sich anbelangt, so kann beinahe jede beliebige Batterie zu therapeutischen Zwecken herangezogen werden, vorausgesetzt, dass sie eine hinreichende Stromstärke besitzt, und wenigstens die unentbehrlichsten der besprochenen Hilfsapparate vorhanden sind. Soll aber von diesen abgesehen werden, so lässt sich ebensowenig irgend eine Batterie allen anderen vorziehen und als absolutes Muster hinstellen, als andererseits irgend welche an und für sich als für therapeutische Zwecke völlig ungeeignet und werthlos erklärt werden kann.

Denn die Erfahrung lehrt uns, dass selbst die minimalsten Elektricitätsmengen therapeutische Wirkungen hervorbringen können, wie dies die unanfechtbaren Berichte vollkommen vertrauenswürdiger Beobachter über die Heilwirkungen der Metallotherapie und der Verwendung der verschiedenen Ketten und Bögen darthun; obgleich es heutzutage kaum irgend Jemand geben wird, der allen Ernstes derartige Vorrichtungen empfehl wollte, da man dermalen über vollkommenere Meth und zuverlässigere Hilfsmittel verfügt.

Der Werth der einzelnen Batterien lässt sich somit hauptsächlich nach ihren Hilfs- und Nebenapparaten und deren Ausführung, sowie nach subjectiven Anschauungen der Einzelnen annähernd bestimmen; denn während der Eine am liebsten eine Stromesquelle ohne alle Mühewaltung allzeit nach Bedarf und nach Belieben zur Disposition hätte und jede noch so einfache Manipulation scheut, unterzieht sich der Andere der mühsamen Aufgabe, seine Batterie täglich auseinander zu nehmen, zu reinigen und zusammen zu stellen. Die Batterie des Letzteren, die ihm vorzügliche Dienste leistet, wird in der Hand des Ersteren ein völlig unbrauchbarer Apparat sein.

Es kommt in vielen Fällen eigentlich gar nicht auf den Apparat, sondern vielmehr auf Denjenigen, der ihn handhabt und mit ihm manipulirt, an. Wird ein derartiger Apparat rein gehalten und zweckentsprechend behandelt, so functionirt er lange und gut, während die beste und zweckmässigste Batterie in der Hand eines Bequemen in kurzer Zeit ein schreckliches Aussehen erhält und wirklich ganz unbrauchbar wird.

Im Nachstehenden sollen nun einige der bekanntesten und gebräuchlichsten Batterien kurz besprochen werden. Ein Eingehen etwa auf sämmtliche bisher veröffentlichte Batteriesorten wäre unmöglich, weil dieser Gegenstand allein einen ganzen Band füllen würde.

Es braucht gar nicht eigens erwähnt zu werden, dass aus allen besprochenen Elementenarten sich beliebige Batterien zusammenstellen lassen, was indessen hier nicht weiter berührt wird, sondern es sollen nur einige der bereits nach diesem oder jenem Principe

zusammengestellten und genau präcisirten Formen erörtert werden.

Die Anforderungen, die der Arzt gewöhnlich an seine Batterie stellt, gipfeln in Folgendem: Dieselben sollen einen Strom von möglichster Gleichmässigkeit und langer Dauer bequem und billig erzeugen; der Arzt soll in der Lage sein, jedes einzelne Element ein- und auszuschalten, jedes einzelne für sich verwenden zu können, womöglich auch ohne an eine bestimmte Reihenfolge gebunden zu sein (wodurch immer die ersten Elemente mehr leiden, als die nachfolgenden); es soll die Batterie aber auch so beschaffen sein, dass nicht mehr Elemente in Thätigkeit gesetzt zu werden brauchen, als eben benützt werden sollen, damit auch der Materialverbrauch möglichst beschränkt wird. Die Zusammenstellung der Elemente und die Construction der Batterie muss derart beschaffen sein, dass jede unliebsame und unerwartete Stromesunterbrechung ausgeschlossen ist. Die Manipulation bei Instandsetzung und Reinigung der Batterie soll möglichst einfach, alle Theile derselben leicht zugänglich und ersetzbar sein. Die Handhabung selbst soll möglichst reinlich vor sich gehen, und stark schmutzende, ätzende, sowie übelriechende Stoffe, oder solche, die während oder nach der Wirkung die eben genannten Eigenschaften erlangen, sollen vermieden sein. Diese Stromesquelle soll jederzeit eine verlässliche und für vi
eine leicht transportable sein. Von den Neben
wird in erster Richtung ein gut und bequem fun
der Elementenzähler allen andern voran zu st
Gute Leitungsschnüre und Elektroden sind ein
verständliches Bedürfnis. Hingegen kann von

Rheostaten für Zwecke der Praxis zumeist abgesehen und der Commutator und Stromunterbrecher füglich in die Elektroden selbst verlegt werden.

Was indes keiner guten Batterie fehlen sollte, ist ein brauchbares Galvanometer. Mitunter findet man mit derartigen Batterien auch noch Inductorien vereinigt, um gleich von einem Apparate aus den constanten und inducirten Strom verwenden zu können. Dagegen gehen andere zu weit, wenn sie Universalbatterien herzustellen anstreben, die in der Elektrotherapie zur Anwendung des constanten und inducirten Stromes, in der Chirurgie zur Galvanokaustik und Galvanolyse in der Oculistik, zur Armirung von Elektromagneten, ferners zur Erzeugung von elektrischem Licht und wer weiss zu was noch geeignet sein sollen. Gewöhnlich eignen sie sich dann eigentlich zu keiner dieser Leistungen.

Von diesen Gesichtspunkten aus, die Bedürfnisse und Wünsche des Arztes berücksichtigend, lassen sich allerdings die Batterien nach ihrem Werthe in eine gewisse Reihenfolge bringen und die einzelnen von einander als mehr oder minder zweckmässig unterscheiden. Vor allem Andern wird eine Scheidung in Stationärbatterien und in transportable vorgenommen werden müssen, weil manches sich für die transportable eignet, was bei den stationären unzweckmässig wäre, und wieder manche bei letzteren sehr brauchbare Einrichtung bei den ersteren oft absolut undurchführbar ist.

Für stabile Batterien eignen sich daher wohl in erster Richtung die Modificationen des Daniell-Elementes, vor allem anderen in der vortrefflichen Ausführung von Siemens-Halske. In zweiter Richtung sind erst

die Zink-Platin- und die Zink-Kohle-Schwefelsäure-, sowie die Zink-Kohle-Braunsteinelemente, theils wegen ihrer geringen Wirkungsdauer, theils wegen der minderen Bequemlichkeit derselben anzuführen. Viel später kommen erst die theueren Chlorsilberbatterien in Betracht, da sie sich nur für diejenigen Aerzte eignen, die der Bequemlichkeit grosse Geldopfer zu bringen geneigt sind. Ganz zuletzt endlich kommen erst Batterien aus Elementen mit Chromsäurelösung und Kaliumbichromatlösung in Betracht zu ziehen; leider sind diese Batterien fast die verbreitetsten. Anfangs liefern sie zwar einen ganz zweckentsprechenden und gewöhnlich mehr als hinreichenden Strom, da sie aber immer stark polarisirt werden, nimmt die Stromesintensität bald ab und die Wirkung einer solchen Batterie ist daher eine unzuverlässige und ungleichmässige. — Der Materialverbrauch ist bei diesen Batterien ein unnöthig grosser und bedeutender. Jemand, der nur eine Batterie benützt, wird dessen freilich nicht so leicht gewahr und glaubt vielleicht, dass ein derartiger Materialverbrauch bei jeder Batterie vorkommen müsse. Beim Vergleiche jedoch mit anderen Batteriearten, zumal auf Kliniken und in Spitälern oder in Hausordinationen, wo die Batterien viel gebraucht werden, kann man erst den Unterschied im Materialverbrauche verschiedener Batterien erkennen. Zu alledem erfordern alle Batterien, die eine Chromsäurelösung enthalten, eine scrupulöse Reinhaltung, da sonst die Batterie den Arzt im entscheidenden Momente zuverlässig im Stiche lässt. Das Auseinandernehmen, Reinigen und Nachfüllen ist aber weder eine so ganz bequeme noch so ganz reinliche Arbeit, denn die Chromsäurelösung ist das vor-

züglichste Fleckwasser (d. h. ein solches, welches die besten Flecke macht), und man hat alle Noth, um nach vielen Stunden etwa mit demselben beschmutzte Hände rein zu bekommen, darf aber die Manipulation der Füllung und Entleerung, sowie der Reinigung der Batterie nicht etwa auf einem Teppich vornehmen, sondern muss diese Arbeit dort besorgen, wo eine Beschmutzung des Bodens minder unangenehm ist.

Aus gleichen Gründen sind alle Batterien mit concentrirten Säuren in der Elektrotherapie zu vermeiden und auch völlig entbehrlich. Eine irrige Auffassung ist es, dass für diese Zwecke Batterien aus wenigen Elementen mit grosser elektromotorischer Kraft jenen mit vielen Elementen vorzuziehen wären. Die ersteren werden immer unliebsame chemische Wirkungen äussern, die aber speciell in der Elektrotherapie ganz zu vermeiden sind; vielmehr sind hier solche Batterien, deren chemische Wirksamkeit die möglichst geringste ist, die also Elemente mit grossen inneren Widerständen enthalten, allen übrigen vorzuziehen.

Für transportable Batterien sind wieder die Elemente mit zwei Flüssigkeiten, bei welchen die Trennung der letzteren durch blosse Uebereinanderlagerung vorgenommen wird (Meidinger, Callaud etc.) nicht verwendbar. Sonst können fast alle Elemente zu transportablen Batterien benutzt werden, und wird hier der leichten und bequemen Transportabilität gerne ein Opfer in mancher anderen Beziehung gebracht, da ein nach allen Richtungen hin vollkommener Apparat nicht existirt.

Was nun die einzelnen Zusammenstellungen von Batterien anbelangt, so ist unter den **stationären (stabilen)** Batterien in erster Richtung die

Siemens-Remak'sche Batterie anzuführen. Dieselbe besteht aus 50—60 Siemens-Halske'schen Elementen, und findet sich in der Ausführung von Krüger und Hirschmann in Berlin mit Stromwähler, Commutator und Galvanoskop in vielen Schriften über Elektrotherapie abgebildet und beschrieben: 50—60 der genannten Elemente sind in einem Schranke untergebracht, an dessen Vorderseite eine verticale Platte ein Tableau bildet, welches zu unterst rechts und links die Polklemmen, darüber und dazwischen den Commutator, weiter oben zwei Kurbelstromwähler, den linken von 1—10 Elementen den rechten von 5 zu 5 Elementen eingerichtet, und ganz zu oberst ein Galvanoskop enthält, welches dermalen zweckmässigerweise durch ein Galvanometer zu ersetzen sein wird. Ziemssen*) macht dieser Batterie folgende Ausstellung: »Das Hantieren in dem von Krüger und Hirschmann gelieferten Schranke ist übrigens etwas unbequem, weil die Fächer (in denen die Elementreihen sich befinden) so niedrig sind, dass man mit den Händen und Vorderarmen fortwährend anstösst, die Schraubenmuttern in die Elemente fallen lässt und sich auch beim Nachfüllen des Wassers und Kupfervitriols mit den betreffenden Gefässen nicht rühren kann.«

Diesen Uebelständen hat nun die Wiener Firma Mayer & Wolf in vorzüglicher Weise abgeholfen. Dieselben stellen stabile Apparate für constanten und

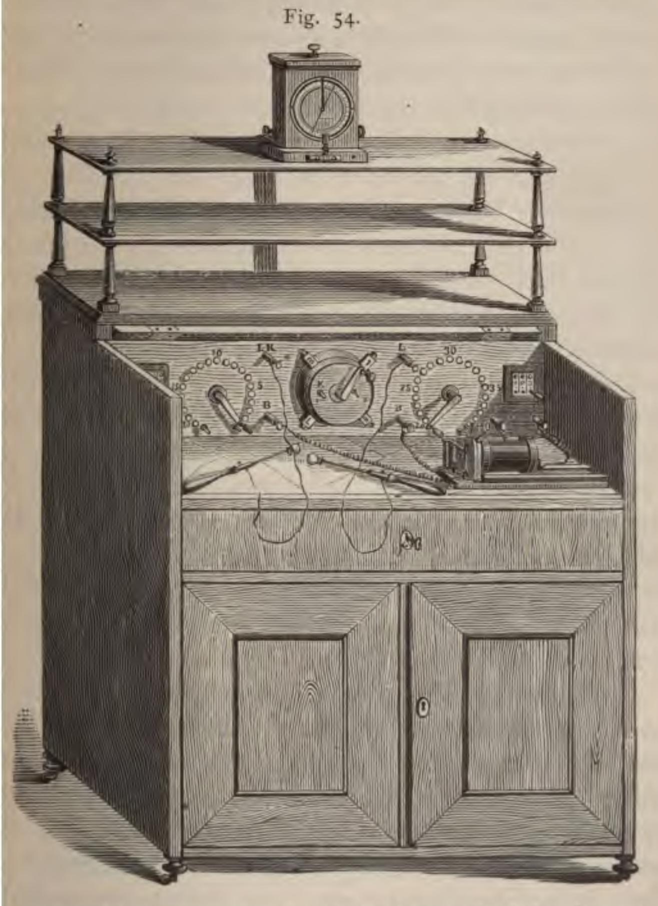
*) Die Elektricität in der Medicin. Von Dr. Hugo v. Ziemssen. 4. Aufl. 1. Heft. Berlin 1872, pag. 186.

inducirten Strom mit zwei Kurbelstromwählern, Stromwender, Stromwechsler, Batterieschalter, Boussole (in letzterer Zeit mit nach Milli-Weber oder Milli-Ampère getheilten Galvanometern) und Inductionsapparat, sowie auf Wunsch mit einem nach Siemens-Einheiten graduirten Rheostaten (Fig. 54) zusammen.

Derlei Apparate werden in der Form von Schränken, Schreibtischen, Consolen und Kästen jeder Art gefertigt, tragen an einem Aufsatze alle vorerwähnten Hilfsapparate und besitzen eine Tischplatte aus Marmor oder Ebonit für die Elektroden, den Inductionsapparat etc. Die Tischplatte und der Aufsatz mit den nöthigen Instrumenten kann entweder durch Umklappen des hervorragenden Theiles dieses Schrankes oder aber durch von oben und seitlich herausziehbare, umlegbare und sperrbare Thüren vollständig geschlossen werden. Dermassen sieht er äusserlich einem nett und sauber ausgeführten Möbelstücke gleich, und wird auch der Holzschrank auf Verlangen nach beliebigem Muster hergestellt. Im Schranke selbst befinden sich in zwei niederen Fächern die Elemente, 40—60 an der Zahl. Dieselben stehen je 20 oder 30 in eigenen Elementenkästen und können zum Füllen und Entleeren, sowie zum Nachsehen und Reinigen derselben sammt diesen Kästen ohne Lüftung einer Schraube oder Klemme einfach herausgenommen werden; die Manipulation an den Elementen geschieht ausserhalb des Schrankes an beliebigem Orte, und die gefüllte und adjustirte Batterie wird wieder einfach in den Schrank hineingestellt. Dadurch haben Mayer & Wolf den von Ziemssen gerügten Mängeln abgeholfen.

Jeder Batteriekasten, der 20—30 Elemente enthält, nämlich durch Längs- und Querscheidewände,. der

Fig. 54.



ementzahl entsprechend, in Zellen getheilt; die Elemente werden in diesen Behältern zur Batterie vereinigt

und mit daselbst befindlichen Ableitungen von jedem Elemente verbunden. — Diese Ableitungen führen zu Platinknöpfchen, an der hinteren Wand dieser Batteriekästen, welche starken Metallfedern, ebenfalls mit Platincontacten, die an der inneren Rückwand der Schrankfächer unverrückbar angeschraubt sind, entsprechen. Diese Metallfedern stehen dann mit dem Stromwähler, Stromwender, Batterieschalter etc. am Aufsatze des Schrankes in leitender Verbindung. Wird der Batteriekasten mit den gefüllten Elementen in das für ihn bestimmte Fach eingeschoben, so berühren die Platinknöpfe der hinteren Wände dieses Behälters die Metallfedern; in dieser Stellung ist aber der Elementenbehälter noch nicht vollständig in seinem Fache eingestellt. Es müssen nämlich erst durch einen Druck an der Vorderwand dieses Batteriekastens die starken Metallfedern an der inneren Rückwand des Schrankes zusammengedrückt werden, wodann man den Elementenbehälter noch vorschieben und etwas nach abwärts drücken kann, bis er in eine kleine Versenkung einschnappt, in welcher Situation nunmehr die Metallfedern in sicherem Contacte mit den Elementen sich befinden.

Die zwei Kurbelstromwähler gestatten, die Batterie von der Mitte gegen das eine und das andere Ende hin zu benützen, wodurch bald die eine, bald die andere Hälfte sämmtlicher Elemente abwechselnd eingeschaltet werden kann und die Abnützung blos der ersten Elemente der Batterie hier zu vermeiden ist. Der Inductionsapparat kann im Nichtbenützungsfalle von der Tischplatte auch entfernt werden. Wird er ebenfalls verwendet, so kann von denselben Polklemmen *L k*

und L mittels derselben Leitungsschnüre und Elektroden nach Belieben bald der constante, bald der inducirte Strom benutzt werden. Die rechts und links von den Kurbelstromwählern angebrachten quadratischen Stöpselvorrichtungen gestatten einerseits entweder den Batteriestrom oder den primären oder secundären Inductionsstrom einzuschalten, andererseits für letzteren Zweck entweder zwei oder drei Leclanché-Elemente, die ebenfalls im Schranke sich befinden, zur Armirung des Inductionsapparates zu verwenden.

Brenner hat die Siemens-Remak'sche Batterie verbessert und ergänzt. Fig. 55 stellt den Brenner'schen Gesammtapparat*) dar. Indessen ist Brenner im Bestreben, das gesammte Armamentarium des Elektrotherapeuten möglichst zu concentriren, etwas zu weit gegangen, und hat auch einige Apparate aus der Elektrophysiologie herübergenommen, die für den Praktiker, jedenfalls wohl auch für den Specialisten, als entbehrlich hingestellt werden können.

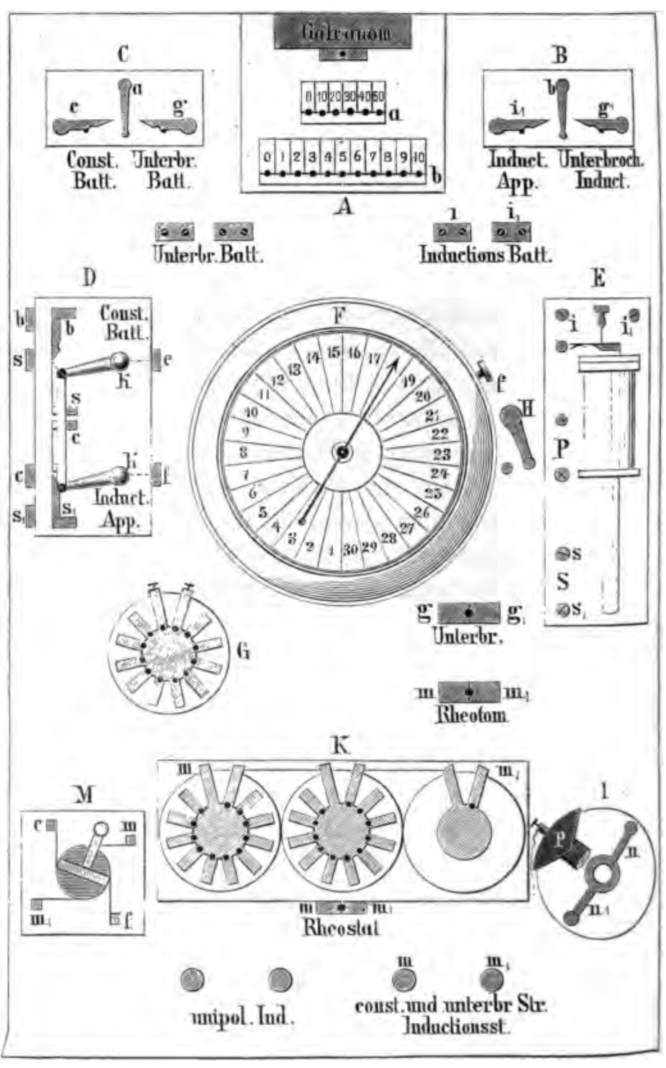
Diese entbehrlichen Hilfsapparate der Brenner'schen Batterie sind: Der selbstthätige Unterbrecher und das Spiralrheotom.

Da diese Nebenapparate nur an der Brenner'schen Batterie allein vorkommen, wurde bei der Beschreibung der Hilfsapparate einer jeden zu elektrotherapeutischen Zwecken geeigneten Batterie auf dieselben keine Rücksicht genommen, und sollen diese nunmehr hier der Vollständigkeit halber in kurzem behandelt werden.

Der selbstthätige Unterbrecher F hat die Aufgabe, nach Belieben bald den constanten, bald den indu-

*) Nach Zech.

Fig. 55.


Galvanom.
C
B
Const. Batt.
Unterbr. Batt.
Induct. App.
Unterbroch. Induct.
A
Unterbr. Batt.
Inductions Batt.
D
E
F
H
P
S
G
Unterbr.
Rheotom
K
M
I
Rheostat
unipol. Ind.
const. und unterbr Str. Inductionsst.

cirten Strom in gewünschter Schnelligkeit zu unterbrechen, sowie auch die Intermissionen des letzteren zu modificiren. Dies besorgt ein Neef'scher Hammer (siehe Inductionsapparate), dessen Anker Theil einer eigenen Stromesleitung ist und durch seine Bewegung (infolge der Anziehung seitens eines durch diesen Strom activirten Elektromagneten und nach Aufhören des Elektromagnetismus infolge der abermaligen Stromesschliessung durch eine Spiralfeder) diesen Strom selbstthätig unterbricht und schliesst; durch seine hin- und hergehende Bewegung besorgt dieser Hammer zu gleicher Zeit, nach Art eines Relais, die Schliessung und Oeffnung eines zweiten (Batterie- oder Inductions-) Stromes. Ueberdies trägt dieser Anker noch eine seitwärts abgebogene federnde Verlängerung mit einem Widerhaken, der in die Zähne eines Echappementrades eingreift und dieses bei jedem Hin- und Hergange des Ankers um einen Zahn vorwärts bewegt. So bewirkt also der Neef'sche Hammer des selbstthätigen Unterbrechers einerseits die Oeffnung und Schliessung eines zweiten Stromes, andererseits setzt sich diese auf- und niedergehende Bewegung durch die vorerwähnte Einrichtung in eine Drehbewegung um, welche einen Zeiger über einer Gradeintheilung, wie einen Uhrzeiger über dem Zifferblatte bewegt. Der Gang dieses Zeigers über seinem Zifferblatte ist zugleich ein Indicator für die Schnelligkeit der Intermissionen des selbstthätigen Unterbrechers. Diese können durch eine Schraube *f* regulirt werden, indem diese das strammere Anziehen oder Nachlassen der vorerwähnten Spiralfe (die nach dem Aufhören des Magnetismus im kle Elektromagneten den Contact des Neef'schen Hamn

und somit den Stromesschluss besorgt) vermittelt. Dieser Unterbrecher steht überdies mit dem kleinen Rheostaten G (1—100) in Verbindung und kann auch durch diesen in seinen Intermissionen modificirt werden. Für diesen selbstthätigen Unterbrecher gehört eine eigene Batterie (aus einigen Leclanché-Elementen), deren Verbindungsklemmen, links von F, mit »Unterbr. Batt.« bezeichnet sind.

Brenner's Rheotom ist eigentlich das Fick'sche Spiralrheotom, das dieser zuerst in die Physiologie eingeführt hat. Es besteht aus einem, um eine verticale Axe drehbaren Metallhebel $n\, n_1$, der an derselben eine stählerne Spiralfeder besitzt, die ihn in bestimmter Lage erhält. Wird dieser Hebel durch eine Handbewegung aus seiner Lage gebracht und losgelassen, so wird er durch die Spiralfeder in seine frühere Lage zurückgeführt. Hiebei schleift er über ein Metalldreieck p, das mit seiner Spitze gegen die Axe des Hebels gerichtet ist und durch eine Schraube dieser Axe genähert, sowie von ihr entfernt werden kann. Ist nun irgend ein (galvanischer oder inducirter) Strom theils mit diesem Dreieck, theils mit der Axe des Rheotoms verbunden, so wird derselbe nur so lange geschlossen sein, als der Hebel über dasselbe schleift. Je mehr dieses Dreieck dem Centrum genähert wird, desto länger dauert der Contact; je weiter dasselbe aber vom Centrum entfernt wird, desto kürzer dauert derselbe. Die Raschheit der Intermissionen kann beliebig durch Handbewegung regulirt werden.

Ausser der Hinzufügung dieser zwei leicht zu missenden Nebenapparate hat Brenner noch den Rheostaten zuerst in die elektrotherapeutische Praxis eingeführt und den Kurbelstromwähler durch eine

Stöpselelementenzähler ersetzt. Er gieng hiebei von dem Gesichtspunkte aus, dass durch Stöpselung der sicherste Stromesschluss erzielt wird, allein diese Sicherheit leidet auch, bei minder scrupulöser Reinlichkeit, durch Staub und Schmutz, der sich in den Löchern und an den Stöpseln ansetzt, und ist überhaupt die Stöpselungsmethode sehr unbequem und zeitraubend. Dagegen kann eine Metallfeder, über Contacte gleitend, ebenso sicher und viel bequemer den Schluss herbeiführen, besorgt aber zugleich beständig die Reinhaltung, beziehungsweise die Scheuerung der Contactflächen durch die Reibung; es ist somit dieser Tausch für den Praktiker nicht von besonderem Vortheile gewesen.

Ausser all' dem Angeführten hat Brenner noch einen Inductionsapparat mit eigener Batterie diesem Apparatencomplexe hinzugefügt und überdies ein System von Klemmen, Schiebern und Contacten angebracht, um durch deren Verschiebung oder Stöpselung von denselben Polklemmen durch dieselben Leitungsschnüre und Conductoren bald den galvanischen, bald den inducirten Strom, beide mit oder ohne Unterbrechungen und im ersten Falle entweder unter Anwendung des selbstthätigen Unterbrechers oder des Rheotoms benützen zu können. Auch für die unipolare Anwendung der Elektricität ist am Brenner'schen Apparate vorgesorgt, in welchem Falle nur der eine Pol an den Menschen applicirt, der andere hingegen zur Erde abgeleitet wird.

Solch' ein complicirter Apparatencomplex wurde nicht nur von Brenner verwendet, sondern mehrfach für Anstalten in der angegebenen Weise ausgeführt. *Für Specialisten hingegen* wird bei der Herstellung dieses

Apparates von der Anbringung des Unterbrechers und Rheotoms immer, häufig auch von jener des Rheostaten abgesehen, wodurch die übrigen, allerdings sehr praktischen Einrichtungen mehr in das Bereich des Operirenden gebracht werden.

Zum Verständnis dieses Brenner'schen Gesammtapparates sei nur noch die Verbindung der einzelnen Theile, die an der Oberfläche der Tischplatte, worauf dieselben angebracht sind, nicht sichtbar ist, dargelegt. Das zu oberst in der Figur ersichtliche Galvanometer war an dem Brenner'schen Apparate nur ein Galvanoskop, kann aber durch ein nach absoluten elektrischen Einheiten geaichtes Galvanometer ersetzt werden. Der Elementenzähler *a b* steht in der bereits früher besprochenen Weise mit einer Batterie von 50—60 Siemens-Halske'schen Elementen in Verbindung. Von der unzerschnittenen Metallstange *a* des Stromwählers *A* geht ein Verbindungsdraht zu einem Metallstücke des Galvanometers und von dem zweiten Metallstücke desselben, welches durch Stöpselung mit dem ersteren verbunden werden kann, weiter zum Metallstücke *c* des Stromwechslers *D* und von da zu der mit demselben verbundenen Feder *c*. Von der zweiten Metallstange *b* des Stromwählers *A* geht eine Leitung zur Metallaxe *a* des Umschalters *C*. Die Feder *c* desselben steht mit dem Metallstücke *b* des Stromwechslers *D* und weiters mit der Feder *b* desselben in Verbindung. Durch die Kurbeln *k k*, welche durch eine nicht leitende Stange beweglich miteinander verbunden sind, wodurch ihre Bewegungen gleichzeitig und immer in gleichen Abständen erfolgen, kann die Feder *b* mit der Draht-

klemme e und andererseits die Feder c mit der Drahtklemme f des Stromwechslers D in Contact gebracht werden. Von der Drahtklemme e geht weiters eine Verbindung zu der Feder e des Stromwenders M und von der Drahtklemme f des Stromwechslers D eine Verbindung zu der Feder f des Stromwenders; die mit dieser Feder in vorliegender Zeichnung metallisch verbundene Feder m steht weiters mit der Polklemme m des Gesammtapparates (oberhalb der Bezeichnung »const. und unterbr. Str.«) in Verbindung, woher eine Leitung zu der Anode der Batterie geht, welche mit den beiden mit 0 bezeichneten Klöbchen in Verbindung steht. Von der Feder m_1 des Stromwenders geht eine Leitung zu dem linken der mit »Rheotom« bezeichneten Metallstücke, m und von da zum Dreiecke p des Rheotoms J. Von der Hebelaxe desselben geht sodann eine Verbindung zu dem rechtsseitigen mit »Rheotom« bezeichneten Metallstücke m_1 und von da zur zweiten Polklemme m_1 des »const. und unterbr. Str.« Die Unterbrecher-Batterie steht mit dem selbstthätigen Unterbrecher F in Verbindung und setzt denselben in der vorbesprochenen Weise in Thätigkeit, so dass durch die Bewegung desselben zwischen zwei Metalltheilen g und g_1 bei jedem Hin- und Hergange des Hammers Contact und Unterbrechung stattfindet. Diese beiden Contacte stehen mit den gleichnamigen mit »Unterbr.« bezeichneten Metallstücken g und g_1 in Verbindung. Während nun dieses Metallstück g mit der gleichnamigen Feder g des Umschalters C in Verbindung steht, ist g_1 mit de Metallstücke b und der gleichnamigen Feder b c Stromwechslers D verbunden.

Die beiden Pole der Inductionsbatterie i und i_1 stehen mit dem Inductionsapparate E und mit dem Umschalter B derart in Verbindung, dass von i auf dem Wege des Ausschalters H ein Draht zum Metallständer i des Inductionsapparates E geht und mit dem einen Ende des Drahtes der primären Spule desselben verbunden ist, während das andere Ende des Drahtes der Primärspule zum Ständer i_1 des Inductionsapparates und von hier zur Metallfeder i_1 des Umschalters B geht. Von der Axe b der Kurbel dieses Umschalters B geht sodann eine Verbindung zum zweiten Pole i_2 der Inductionsbatterie. Die beiden Polklemmen s und s_1 der secundären Rolle S des Inductionsapparates E stehen mit den gleichnamigen Metallstücken und Metallfedern s und s_1 des Stromwechslers D in Verbindung.

Der selbstthätige Unterbrecher F steht auch mit dem Umschalter B und dem Inductionsapparate E in der Weise in Verbindung, dass vom Metallstücke g des »Unterbr.« ein Draht zum Ständer i_1 des Inductionsapparates E und vom Metallstücke g_1 des »Unterbr.« ein zweiter Draht zur Feder g_1 des Umschalters B geht.

Von den zwei Polklemmen der »unipol. Ind.« steht eine mit dem Metallstücke s_1 und der gleichlautenden Feder des Stromwechslers D in Verbindung, während die zweite zur Erde abgeleitet ist. Werden die beiden Kurbeln des Stromwechslers D nach aufwärts gedreht, die Kurbel des Umschalters C auf die Feder c (»const. Batt.«) gestellt, die Stöpsel, »Unterbr.«, »Rheotom« und »Rheostat« eingesteckt, so kann von den Polklemmen des Gesammtapparates m und m_1 (»const. u. unterbr. Str.«) ein constanter galvanischer Strom abgeleitet und durch den

Stromwender M seine Richtung beliebig gewechselt werden. Wird der Stöpsel »Rheostat« herausgezogen, so kann nun dieser in der Nebenschliessung befindliche Apparat benützt werden. Durch Herausziehen des Stöpsels, »Rheotom« oder »Unterbr.« können diese beiden Unterbrechungsapparate nach Belieben eingeschaltet werden; nur muss bei Benützung des Unterbrechers die Kurbel des Umschalters C auf die Feder g (»unterbr. Batt.«) gestellt werden. Soll der inducirte Strom benützt werden, so muss der Umschalter C ausgeschaltet, die Kurbel von B auf die Feder i (»Induct.-App.«) gestellt und die Kurbeln des Stromwechslers D nach abwärts, wie in der Zeichnung ersichtlich, geschoben werden. Bezüglich der Benützung von Rheostat, Rheotom und selbstthätigem Unterbrecher gilt das Vorhergesagte. Nur dass bei Benützung des letzteren die Kurbel von B auf die Feder g^1 zu stellen ist.

Wollte man den primären Inductionsstrom benützen, so müssten die beiden Polklemmen desselben bei P am Inductionsapparate E in gleicher Weise, wie jene des Secundärstromes mit s und s_1 am Stromwechsler D verbunden werden. Auf dem Wege zum Stromwechsler müsste eine Stöpselvorrichtung angebracht werden, um durch Stöpselung entweder den primären oder secundären Inductionsstrom in den Stromwechsler eintreten zu lassen.

Benedikt beschreibt in seiner Elektrotherapie eine Batterie aus Daniell-Elementen, die jedoch heutzutage durch die Modification von Siemens & Halske fast vollständig verdrängt sind.

Becker, Mechaniker der Firma Elliot **Brothers** (London), hat eine Batterie aus 100 **Muirhead's**

Elementen (einer bereits besprochenen und in Grossbritannien ziemlich verbreiteten Modification des Daniell-Elementes) für das »National-Hospital für Paralytische und Epileptische« zusammengestellt, von der Leitungsdrähte durch alle Krankenzimmer des ganzen Spitales geführt sind. Auch Althaus bedient sich einer solchen Batterie. Alle zwei Monate müssen alle Theile gereinigt und in je $1\frac{1}{2}$ Jahren die Zinke ausgewechselt werden.

Unter den Batterien aus Leclanché-Elementen ist vor allen anderen die Leclanché-Batterie von Keiser und Schmidt in Berlin anzuführen. In einem Schranke von der Höhe eines Tischchens sind 24 grosse Leclanché-Elemente in je drei Reihen über einander und je zwei Elemente hinter einander zusammengestellt. Auf der Platte des Schrankes befindet sich ein Kurbelstromwähler, ein Stromwender und ein Verticalgalvanometer (eigentlich Galvanoskop) mit Ausschaltungsvorrichtung und die Polklemmen.

Die Ausführung ist recht nett und handlich, und da die Leclanché-Elemente eine mehr denn doppelt so grosse Stromstärke besitzen, als die Siemens-Halske'schen (5·3 : 2·4), so repräsentiren diese 24 Leclanché-Elemente in geringem Raume 53 Siemens-Halske'sche. Nur sind die letzteren doch constanter und länger wirksam, als die Leclanché-Elemente; dagegen ist die supponirte Unbequemlichkeit infolge von Ausdünstung des Ammoniaks, bei Benützung von derlei Apparaten nicht vorhanden.

Auch aus modificirten Bunsen-Elementen wurden Batterien zu elektrotherapeutischen Zwecken zusammengestellt, wie z. B. die Stöhrer'sche Zimmerbatterie aus

einer Anzahl von Zink-Kohlenelementen ohne Diaphragma, aber mit zwei Flüssigkeiten (verdünnte Schwefelsäure im Gefässe und Salpetersäure oder Chromsäure in einer Aushöhlung des Kohlencylinders).

Smee'sche Batterien, sowohl aus dem ursprünglichen Smee-Elemente, als auch aus den verschiedenen Modificationen desselben, wurden von verschiedener Seite angegeben und ausgeführt. So z. B. von Benedikt, Beard und Rockwell, Fovaux, Frommhold etc. Sämmtliche sind Tauchbatterien in mehr oder weniger bequemer Ausführung. Eine derselben, der von ihrem Erfinder viele Vortheile nachgerühmt werden, ist die

Heller'sche Zink-Kohlenbatterie. In einem aus gusseisernen Rahmen gebildeten, allseitig offenen Gestelle lassen sich mittels einer Hebevorrichtung (Zahnrad mit Sperrhaken) die Elementgläser beliebig heben und senken. Auf diesem Gestelle ruht ein Deckel aus Hartgummi oder Holz, der leicht abgenommen werden kann. Dieser Deckel ist mit so vielen Löchern versehen, als Zinke und Kohlen verwendet werden, die in diese Löcher einfach eingehängt, mittels eines gutleitenden Knopfes auf dem Deckel aufsitzen. Dieser Knopf ist bei der Kohle gleich aus einem Stücke, beim Zinkstabe aber aus Messing und abschraubbar eingerichtet. Diese Art der Zusammenstellung der Elemente gestattet die leichte Auswechslung unbrauchbarer Kohlen oder Zinke. Ueber diesen eben beschriebenen Deckel ist noch ein zweiter Deckel, der aus einem eisernen, mit Charnier versehenen Rahmen besteht, angebracht, der nach Belieben zugeklappt werden kann. — An der Unters[illegible] Deckels sind, entsprechend der Elementenza[illegible]

federn durch Hartgummizwischenlagen von einander isolirt, entsprechend der Schaltung der Batterie angebracht und derart befestigt, dass sie sich nach keiner Seite hin verbiegen können. Wird dieser zweite Deckel zugeschlagen, so drückt jede Feder auf die Kohle des einen und den Zinkstab des nächsten Elementes, wodurch sämmtliche Elemente verbunden werden. Die Stromeswahl geschieht durch Stöpselung. Ueber diese Art der Verbindung der Elemente zur Batterie, wonach auch hauptsächlich ihr Werth zu bestimmen ist, wurde bereits früher gesprochen.

Auch derlei Apparate haben ihre Bewunderer gefunden, wie denn überhaupt jede Batterie bei zweckentsprechender Handhabung und den nöthigen Hilfsapparaten verwendbar ist und demjenigen, der sie gut behandelt, auch zumeist ganz gute Dienste leistet.

Selbstverständlich können nach den bisher angeführten Mustern beliebige Zusammenstellungen aus den verschiedenen Elementen ausgeführt werden, und waren auf der Pariser elektrischen Ausstellung selbst aus den kleinsten Chlorsilberelementen intransportable Batterien zu sehen.

Meiner vieljährigen Erfahrung zufolge verdienen indes unter allen möglichen Batterien als intransportable Zimmerbatterien in erster Linie die aus Siemens-Halske'schen Elementen zusammengestellten den Vorzug. Sind die Elemente, wie es neuerlich Mayer & Wolf und Leiter ausführen, mit Kautschukkappen verschlossen, so wird die Verdunstung hintangehalten und die einmal gefüllte Batterie functionirt durch dreiviertel bis ein Jahr, ohne dass man nachzusehen braucht. In

dieser Beziehung dürfte ihr doch kaum irgend eine andere Batterie gleichkommen, weshalb auch von der Aufzählung aller übrigen abgesehen werden kann.

Den Uebergang von den *stabilen Zimmerbatterien* zu den *transportablen* bildet

Stöhrer's transportable Zink-Kohlenbatterie Nr. 2, mit Hebevorrichtung und Schlusschieber. Diese Batterie besteht aus 30—40 Zink-Kohlenplatten, welche an einer Holzschiene an Bügeln (leicht abnehmbar) befestigt sind. Ueber dieser Schiene und den Metallbügeln ist der schlittenförmige Stromwähler (Schlusschieber), der den Commutator und die Polklemmen trägt, verschiebbar eingerichtet. Der Batteriekasten aus Eichenholz ist verschliessbar und sperrbar, enthält im Deckel ein Schubfach für die Nebenapparate und am Boden einen zweiten Kasten, in dem die Elementgläser sich befinden. Dieser letztere wird an seitlichen, aus Schlitzen des Batteriekastens hervorragenden Handhaben bis zu den Elementplatten hervorgehoben und dortselbst fixirt. Der flüssige Zwischenleiter besteht aus verdünnter Schwefelsäure, der (zum Zwecke der Amalgamirung der Zinke) etwas schwefelsaures Quecksilberoxyd hinzugefügt wird. Auch kann, wenn die Stromstärke sinkt, in jedes Glasgefäss etwas Chromsäure (nicht Kaliumbichromatlösung) eingetragen werden. Die Batterie soll bei einmaliger Füllung mehrere Monate brauchbar bleiben. Von Zeit zu Zeit müssen aber die Zinke sorgfältig amalgamirt werden. Was die Transportabili ; so können — zwei Männer die Batterie e

Stöhrer hat übrigens nach ganz demselben Principe noch eine leicht transportable Handbatterie mit Hebevorrichtung, Schlusschieber und Commutator construirt, die nach seiner Angabe von einer Person getragen oder im Wagen mitgenommen werden kann. Sie hat ein Gewicht von 6—9 Kg, und bestehen bei derselben die Flüssigkeitsbehälter nicht aus Glasgefässen, wie bei der vorher beschriebenen, sondern aus einem Zellenkasten aus Hartgummi.

Eine, dieser ähnliche, transportable Zink-Kohle-Schwefelsäurebatterie ist die Hirschmann'sche. In einem Holzkästchen sind 40 Elemente aus Zink- und Kohlenplatten in 4 Reihen, je 10 an einer Hartgummiplatte, in einen Holzrahmen aufgehängt, die mittels einer Hebe- und Senkvorrichtung zu den Elementbehältern herabgelassen werden können. Der flüssige Zwischenleiter besteht aus verdünnter Schwefelsäure, der eine kleine Menge schwefelsauren Quecksilberoxyds zugesetzt wird. Die Stromeswahl geschieht durch eine Stöpselstromwählerschnur. Ohne Galvanoskop und Stromwender (welche nur auf Wunsch beigegeben werden) wiegt diese Batterie 6 Kg.

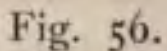
Die transportable Batterie von C. Schwalbe in Magdeburg scheint mit grosser Leichtigkeit den Vortheil grosser Dauerhaftigkeit zu verbinden. Sie wiegt, gefüllt, 4 Kg, und ihre Elemente bestehen, wie bereits vorher erwähnt, aus Glasröhren, die oben und unten mit Gummipfropfen verschlossen sind und nahe der einen Innenwand des Glasrohres einen Platindraht und einen Zinkstab, die durch je einen Pfropfen geschoben sind, *enthalten.* Die Füllung geschieht mit Gasretortenkohle

und verdünnter Schwefelsäure und ist so eingerichtet, dass der Zinkstab bei senkrechter Stellung der Batterie von der Schwefelsäure nicht berührt wird; legt man dieselbe jedoch horizontal, so tauchen Zink und Platin in die Flüssigkeit und der Strom circulirt. Die Verdunstung ist sehr gering, und soll es erst nach mehreren Monaten nöthig sein, mittels einer Pravaz'schen Spritze einige Tropfen Flüssigkeit in jedes Element zu bringen. Die Elemente werden in einem Rahmen befestigt und durch Kupferdrähte verbunden. Die Stromwahl geschieht mittels einer Stromwählerschnur.

Auch aus Modificationen des Daniell-Elementes wurden transportable Batterien hergestellt. Indes eignen sich diese Elemente, so unübertrefflich sie auch für Zimmerbatterien sind, gerade weniger für transportable Batterien. Denn erstlich sind solche Batterien selbst bei verkleinerten Elementen ziemlich schwer, andererseits unterliegen dieselben wegen der Verwendung von Glasgefässen bei diesen Elementen häufigen Beschädigungen infolge des Zerbrechens der Glasgefässe oder Glasröhrchen.

Schon vor Jahren wurden über Ziemssen's Veranlassung von den Mechanikern Krüger und Hirschmann in Berlin, Heller in Nürnberg und Raabe in Erlangen transportable Batterien aus verkleinerten Siemens-Halske'schen Elementen gefertigt, ohne dass jedoch auch nur eine dieser Zusammenstellungen allseitig befriedigt hätte. So wog nur z. B. die Krüger- und *Hirschmann*'sche Batterie, die aus zwei auf einander

stellbaren Batteriekästen à 20 Siemens-Halske'schen Elementen bestand, zusammen 30 Kg. Zudem mussten noch diese Elemente für den Transport eigens hergerichtet, nämlich zur Verhütung des Verschüttens der Flüssigkeit die kleinen Glasröhrchen mit Stöpseln und die


Fig. 56.



Glasgefässe, welche die Bittersalzlösung enthielten, oberhalb der Zinke bis zu den Glasrändern mit Sägemehl ausgefüllt werden.

In entschieden besserer Ausführung fertigen Mayer & Wolf transportable Batterien aus 24 Siemens-Halske'schen Elementen von 9 cm Höhe und 6 cm Durchmesser (Fig. 56) mit Schieberstromwähler und Stromwender. Die Elemente, allseitig leicht zugänglich, sind in zwei Reihen übereinander durch Zwischenwände

geschieden, so dass jedes Element in ein eigenes Fach zu stehen kommt, in einem polirten, verschliessbaren und transportablen Holzkasten untergebracht. Jedes Element ist mit einem Kautschukdeckel hermetisch verschlossen, so dass beim Transport ein Verschütten der Flüssigkeit nicht stattfinden kann, und wodurch ferners auch die Verdunstung der Flüssigkeit fast vollständig hintangehalten wird. Die Batterie ist 43 cm lang, 17 cm breit und 34 cm hoch, und beträgt ihr Gewicht in gefülltem Zustande 15 Kg.

Ich habe diese Batterie bereits früher beschrieben. *) Ausser dieser leicht transportablen Batterie haben Mayer & Wolf noch eine (etwas schwerere) transportable Batterie aus 40 Siemens-Halske'schen Elementen mit Kautschukverschluss, zwei Kurbelstromwählern und Stromwender in einem recht netten kofferartigen Nussholzkasten zusammengestellt. Diese Batterie ist so eingerichtet, dass man bei einer Nachfüllung den Deckel, worauf die Apparate angebracht sind, sehr leicht abnehmen kann, ohne die Verbindungen der Elemente lösen zu müssen, wodurch nicht nur eine grosse Zeitersparnis resultirt, sondern auch mancherlei durch falsche Verbindungen hervorgerufene Fehler vermieden werden. Die Länge dieser Batterie beträgt 62 cm, die Breite 40 cm, die Höhe 28 cm und ihr Gewicht 33 Kg.

Leon Denis in Brüssel hat eine transportable (!) Batterie aus 20 Callaud-Trouvé-Elementen in einem Holzkästchen zusammengestellt. Wie diese Batterie die

---

*) »Allgemeine Wiener medicinische Zeitung« Nr. 26, ex 1874 und Kraus »Compendium der neueren medicinischen Wissenschaften« l. c. p. 552.

Bezeichnung »transportabel« verdient, da das Element an und für sich kein transportables ist, ist nicht abzusehen.

Unter den Batterien aus modificirten Daniell-Elementen wäre noch die transportable Batterie für medicinische Zwecke von Trouvé zu erwähnen. Diese besteht aus 60—80 seiner Löschpapier-(Trocken-)Elemente. Jedes derselben hat die Grösse eines Vierkreuzerstückes und die Höhe von 3 cm, so dass diese Elemente bequem in einem engen Raume untergebracht werden können. Dieselben sind an der Unterseite einer Hartgummiplatte befestigt, welche den Deckel eines gut gedichteten Batteriekastens bildet und zugleich die Nebenapparate, Stromwähler und Stromwender trägt. Durch den hermetischen Verschluss wird die Verdunstung möglichst hintangehalten, und soll diese Batterie ziemlich dauerhaft und wirksam sein.

Aus Smee'schen Elementen wurde eine Unzahl transportabler Batterien hergestellt. So z. B. beschrieben Beard und Rockwell *) mehrere transportable Smee-Batterien von Jerome Kidder (dem ersten Erzeuger der Winkelzellen), die 40—100 Zellen in verschiedener Plattengrösse enthalten und von denen eine wegen ihres Stromwählers bemerkenswerth ist. Derselbe ist ein Kurbelstromwähler; die Metallsäulchen, welche mit den Elementausleitungen verbunden sind, stehen im Kreis

*) »Praktische Abhandlung über die medicinische und chirurgische Verwerthung der Elektricität«, deutsch von Dr. Vätter, Ritter von Artens, Prag 1874, pag. 106 und 107.

und in der Axe dieses Kreises sind zwei Kurbelarme angebracht, welche Räder über die Elementenausleitungen verschieben, von denen »eines bestimmt ist, jede gewünschte Elementenzahl zu verbinden, das andere den Strom zu verstärken, ohne ihn zu unterbrechen«.

Weiss in London hat ebenfalls ein nettes bequemes und transportables Arrangement von 50 Zellen nach Smee zusammengestellt, wobei die Flüssigkeitsbehälter mittels einer Schraube zu den Zinkplatten gehoben und im Nichtbenützungsfalle der Batterie wieder herabgelassen werden können.

J. Leiter construirte ebenfalls mehrere transportable Batterien aus Smee-Elementen und deren Modificationen. Durch die Verwendung von Hartgummi zu Batteriekästen, die in Fächer, entsprechend der Elementenzahl, getheilt sind, hat Leiter die Glasgefässe eliminirt und die Batterie dauerhafter und leichter gemacht. Eine besondere Erwähnung verdient die bereits von mir beschriebene Winkelzellenbatterie Leiter's aus Smee-Elementen *): Zink- und platinisirte Kohlenplatten sind im allseits geschlossenen Batteriekasten aus Hartgummi derart befestigt, dass die Flüssigkeit die untere Hälfte desselben, die Platten hingegen die obere einnehmen. Wird der verticale Batteriekasten nun horizontal gelegt, so tauchen die der einen Wand näher eingefügten Platten in die Flüssigkeit, und die Kette ist geschlossen. Am Boden des Batteriekastens befindet sich Quecksilber und darüber verdünnte Schwefelsäure. Wird der Batteriekasten hori-

*) »Allgemeine Wiener medicinische Zeitung«, 1874, Nr. 12 und 14: Eine transportable Batterie von J. Leiter, besprochen [illegible] Lewandowski, etc.

zontal umgelegt, so berührt das Quecksilber die der Wand nähere Zinkplatte und dieselbe wird, so lange der Strom wirkt, zugleich amalgamirt. Diese Batterie ist, wie jede Leiter'sche, mit Schlittenstromwähler und Stromwender ausgestattet.

Aus modificirten Leclanché-Elementen wurden zahlreiche transportable Batterien hergestellt.

Beetz gab zuerst eine derartige Batterie aus den von ihm abgeänderten (bereits vorher beschriebenen) Elementen an. Solche Elemente werden zu 24—40 auf einem Holzgestelle vereinigt. Die Batterie zu 24 Elementen ist 25 cm lang, 20 cm hoch und 7 cm breit. Die beiden aus dem Probirgläschen hervorragenden Polenden jedes Elementes werden oben und unten in Klemmen an Holzrahmen befestigt, und geht von jeder unteren Klemme ein Draht schräg zur nächsten oberen Klemme. Da die Verbindung dieser Klemmen durch die eben angeführten Drähte ein- für allemal fix durchgeführt ist, kann jedes Element beliebig hinausgenommen, beziehungsweise durch ein anderes ersetzt werden. Die Stromwahl geschieht durch eine Stöpselstromwählerschnur. 24 dieser Elemente entsprechen, nach den Berechnungen von Beetz, 34 Daniell'schen.

Die Uebelstände des Beetz'schen Elementes (ausser der Polarisation und dem Bedecken der Kohlenschicht durch die Jonen) gipfeln darin, dass die Platinstifte in die Böden der Probirgläschen eingeschmolzen werden müssen, aus welchem Grunde letztere an dieser Stelle sehr spröde sind und überaus leicht brechen oder, wenn

dies auch nicht einträte, dennoch an dieser Stelle leicht undicht werden.

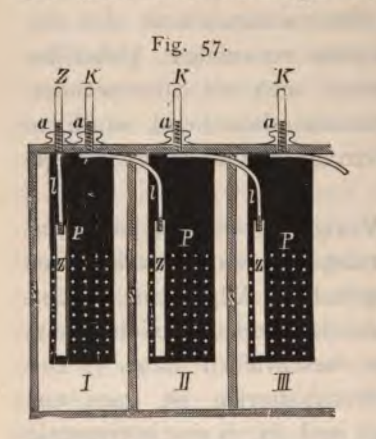
Diesen Uebelständen haben Mayer & Wolf abgeholfen, indem sie die Beetz'sche Batterie in der Weise modificirten, dass sie vorerst in der bereits angegebenen Weise den Platinstift in einen Metallboden des Glasgefässes einlöthen, welcher aufgekittet und aussen und innen mit einer isolirenden Schicht geschützt wird; sodann dass sie statt der Stromwählerschnur den viel bequemeren Schieberstromwähler verwenden. Ueberdies findet sich an diesen Batterien auch ein Stromwender, die ganze Batterie, aus 30 Elementen bestehend, ist 36 cm lang, 12 cm breit und 28 cm hoch und wiegt im gefüllten Zustande 5·5 Kg.

Leiter hat dem im Vorigen gerügten Nachtheil durch Construction von transportablen Batterien aus seinen Patronenelementen abgeholfen. Allgemeine Beliebtheit errangen sich seine Luftdruckbatterien, die ich bereits mehrfach des Ausführlichen beschrieben habe.*) Der Batteriekasten dieser Luftdruckbatterien ist ganz aus polirtem Hartgummi gefertigt und durch eine horizontale Querscheidewand in zwei Räume abgetheilt, von denen der obere die Elementenzellen, der untere die Flüssigkeit enthält. Die Elemente sind in die Zellen derart eingehängt, dass die Patrone des einen Elementes immer in die vorangehende Zelle, das mit ihr unverrückbar verbundene Zink hingegen in die nächste Zelle gestellt wird. Von jedem Elemente ragt ein Ausleitungsstift nach

*) U. a. in der »Wiener medicinischen Presse«, 1875, Nr. 29—37: Studien über transportable elektrische Batterien von Dr. Rudolf *Lewandowski etc.*

aufwärts, und kann die Batterie, wenn sie gefüllt ist, durch einen, entsprechend den Elementausleitungen mit Löchern versehenen Ebonitdeckel geschlossen werden. Ueber diese Ausleitungsstifte wird, wie bereits angegeben, ein Schlittenstromwähler verschoben und ist am Deckel noch ein Stromwender angebracht. Die Füllung der Zellen geschieht in der bereits beschriebenen Weise. Ich habe eine derartige Batterie seit acht Jahren im Gebrauche und kann ihr nur das Beste nachsagen. Während der ganzen Zeit wurden die Patronen nur einmal neu gefüllt, und ist die Erneuerung der Salmiaklösung, die bei dieser Einrichtung nur sehr langsam verdunsten kann, blos alle 6 Monate nöthig.

Fig. 57.



Auch einfachere Batterien ohne eigenen Flüssigkeitsbehälter (somit blos in Zellenkästen, wie Fig. 57 zeigt) hat Leiter in allen möglichen Combinationen aus seinen Patronenelementen hergestellt. Diese Batterien bestehen aus einem, der Elementzahl entsprechenden Zellenkasten aus polirtem Hartgummi. Die metallene Handhabe ist seitlich umlegbar, die Elemente sind an Hartgummistangen in Reihen befestigt, und können diese letzteren mittels Oesen und Messingstäben an dem Deckel festgehalten werden. Durch die aufgestellte und seitlich am Batteriekasten durch eine Schraube fixirte Handhabe geht eine Schrauben-

spindel, die durch eine herausziehbare Messingstange ebenfalls mit dem Hartgummideckel verbunden werden kann. Durch eine Flügelmutter, welche an der metallenen Handhabe einen Stützpunkt erhält, kann die Schraubenspindel und mit ihr der Batteriedeckel sammt den Elemententrägern emporgehoben werden, so dass die Zinke und Patronen über die Flüssigkeit zu stehen kommen. Alle diese Batterien sind mit Stromwähler und Stromwender ausgestattet.

Durch die neueste Construction von transportablen Batterien aus seinen parallelopipedischen Braunsteinelementen mit schlitzwandigem Hartgummidiaphragma scheint jedoch Leiter dem Bedürfnisse nach einem Apparate für den galvanischen Strom, welcher bei mässigem Preise hinreichende Stromstärke besässe und zugleich beständig, bequem, verlässlich und leicht tragbar wäre, entsprochen zu haben. Die bereits beschriebenen Elemente werden, wie Fig. 58 zeigt, in beliebiger Zahl zu einer Batterie einfach dadurch verbunden, dass man die erforderliche Anzahl derselben neben einander stellt und in der angegebenen Weise die Zinke einhängt. Da diese Batterien keines besonderen Deckels bedürfen, sondern der Stromwählerschlitten einfach auf den konischen Zinnzapfen verschoben wird, kann man jedes beliebige Kästchen zur Aufbewahrung und zum Transporte dieser Elemente benützen. Will man dieselben im Batteriekasten befestigen, so genügen zwei Leisten, welche durch seitlich angebrachte Schrauben, wie in der Fig. 58 bei *Sr* ersichtlich ist, gegen die Elemente gepresst werden. Für den Gebrauch ausser Hause wäre eigentlich nicht einmal ein Batteriekasten erforderlich,

sondern es würde schon auch ein einfacher, sogar zerlegbarer Holzrahmen mit Holzschrauben, um die Elemente zusammen zu halten, genügen; dabei haben diese Batterien noch den Vortheil, dass man nicht gezwungen

Fig. 58.



ist, mehr Elemente zu füllen oder mitzunehmen, als man eben braucht. Für oculistische Zwecke genügen beispielsweise 3—5 derartige Elemente, die man leicht in den Taschen mitnehmen kann. Bisher musste man entweder die ganze Batterie, oder aber, wenn man auch die über-

flüssigen Elemente ausgehoben und zu Hause gelassen hätte, wenigstens den Batteriekasten für alle Elemente mitnehmen. Wird aus diesen Elementen eine Batterie formirt, so sind die einzelnen Elemente in Reihen neben einander zu stellen, und zwar derart, dass die Zinnzapfen der ersten Reihe beispielsweise nach links, jene der zweiten Reihe aber nach rechts zu stehen kommen. Die Deckel der einzelnen Elemente werden dann entfernt, bei Benützung eines Batteriekastens, wie in der Figur ersichtlich, in dem Deckel desselben während der Benützung der Batterie aufbewahrt. Nach dem Gebrauche werden die Zinke herausgehoben und abgewischt, sodann beliebig aufbewahrt, beispielsweise in die Löcher der Holzleiste hinter den Elementzellen, wie in obiger Figur ersichtlich, eingehängt, und die Zellen wieder geschlossen. Wird die Batterie so behandelt, so kann man auch mit Sicherheit auf ihre Verlässlichkeit rechnen; aber auch nur dann wird sie, wie eingangs erwähnt, beständig bequem und verlässlich wirken. Reinlichkeit und wenn auch geringe Sorgfalt erfordert eben jede Batterie, wie auch jeder anderweitige Apparat.

Es existirt noch eine grosse Anzahl verschiedener Batterien aus modificirten Leclanché-Elementen zu medicinischen Zwecken, unter denen nur noch die aus Trouvé'schen Sturzzellen zu erwähnen wäre, die zwar leicht transportabel ist, aber keinen lang andauernden Strom liefert.

Aus verschiedenen Chlorsilberelementen wurden recht nette und transportable Batterien zusammengestellt. Es ist nicht zu leugnen, dass aus keiner anderen Sorte

von Elementen auf so engem Raume sich eine Batterie von 40—60 Elementen und darüber zusammenstellen lässt. Das Gewicht einer solchen Batterie erreicht kaum das eines mit seinem Elemente und den Rheophoren in einem Kästchen untergebrachten mittleren Inductionsapparates.

Warren de la Rue, Pincus, Müller, Brenner, Möwig, Stöhrer, Ziemssen u. A. haben sich mit der Construction, Modification und Prüfung dieser Elemente vielfach beschäftigt, ohne dass die Resultate irgendwie ermunternd ausgefallen wären. Diese Batterien erfordern Chlorsilber zur Füllung, und nur so lange, als dasselbe vorhanden ist, wirken dieselben; sobald aber in einem einzigen Elemente die Reduction des Chlorsilbers vollendet ist, tritt die Abscheidung von Gasblasen auf, das Element wird polarisirt und die Stromstärke der ganzen Batterie sinkt rasch. Man muss während der Benützung so einer Batterie immer bereit sein, in einem oder dem anderen Elemente das Chlorsilber nachzufüllen, zudem ist dieses Präparat bekanntlich auch durch die Sonne leicht zersetzbar, was also rasche Manipulation, viel Geschick und noch mehr Geduld erheischt, ganz abgesehen von dem enormen Preise einer solchen Batterie und deren jedesmaligen neuen Füllung.

Auch die Gaiffe'schen Batterien aus Chlorsilberelementen theilen alle Vor- und Nachtheile mit den eben erwähnten. Ich selbst hatte Gelegenheit, mit einem recht netten Arrangement Gaiffe'scher Chlorsilber-Trockenelemente zu experimentiren, von denen 40 in einer Cassette eingetragen waren, die nicht grösser war, als das Kästchen für ein mittleres Mikroskop, und dabei

so nett und so elegant ausgestattet, dass jeder Arzt diese Batterie ohne Anstand selbst tragen könnte, allein jede Neufüllung (nach je 60 Stunden Benützung) kostet 60—80 fl. ö. W.

Was die Batterien aus Elementen mit Kaliumbichromatlösung anbelangt, so ist die Zahl derselben eine sehr grosse. Viele Mühe, mitunter die grösste Sorgfalt und viel geistige Arbeit ist von so vielen talentirten und berufenen Aerzten und Mechanikern an diese Elemente verschwendet worden, um aus denselben eine allen Anforderungen entsprechende Batterie zusammenzustellen. Wir finden hie und da sonst recht brauchbare Einrichtungen und manche gute Idee ausgeführt, allein das Element selbst ist das Hindernis dafür, dass diese Batterien je dem praktischen Bedürfnisse nach allen Seiten hin entsprechen könnten. Auch haben diese Batterien ihre eigene Geschichte. Zuerst waren sie mit grossem Enthusiasmus in Deutschland aufgenommen, bald aber geriethen sie fast ganz in Vergessenheit; dann traten sie in Frankreich auf, und nach einem Decennium suchten die Deutschen das bereits Verworfene aus der Rüstkammer wieder hervor und beschäftigen sich neuerdings mit demselben.

Da indes jede Batterie bei richtiger Sorgfalt entspricht, und es Sache jedes Einzelnen ist, eine grössere oder geringere Mühewaltung erheischende Anordnung zu wählen, überdies die Vor- und Nachtheile dieser Batterien bereits bei Besprechung der bezüglichen Elemente erörtert wurden, sollen im Nac[illegible]len einige

dieser Batterien aus der grossen Zahl derselben herausgegriffen werden, die auch sonst in anderer Beziehung eine zweckmässige Einrichtung oder etwas Eigenartiges besitzen.

W. E. Fein in Stuttgart hat mehrere transportable Batterien aus Zink-Kohle-Kaliumbichromatlösungs-Elementen zusammengestellt, so z. B. unter andern eine Combination einer galvanischen Batterie mit einem Inductionsapparate. Die Zink- und Kohlenplatten werden an Elemententrägern seitlich angeschraubt; die ersteren werden wegen der Polarisation nur halb so breit genommen, als wie die letzteren. Von jedem Elemente gehen Kupferdrähte aus, welche an der Oberseite des hölzernen Elemententrägers umgebogen und in hohle, rinnenförmige Vertiefungen desselben eingebettet sind. Die Stromeswahl geschieht durch eine Metallfeder, welche über diese Elementausleitungen schleift. In einer besonderen Abtheilung befindet sich der Inductionsapparat, welcher durch dieselbe Batterie in Thätigkeit gesetzt wird, und an der Oberseite des Elemententrägers sind dementsprechend die übrigen Nebenapparate angebracht. Um nach Belieben den constanten Strom oder den primären oder secundären Inductionsstrom zu erhalten, wird ein Schlusstöpsel in einen hiezu eingerichteten Schalter an entsprechender Stelle eingesteckt. Zur Füllung werden 300 Gewichtsth. Wasser, 45 Gewichtsth. chemisch reiner Schwefelsäure, 20 Gewichtsth. Kaliumbichromat und 2 Gewichtsth. schwefelsauren Quecksilberoxyds verwendet, welche Flüssigkeit in die Zellen zweier Hartgummitröge gebracht wird. Diese beiden Zellentröge können durch seitliche Handgriffe zu den

Elementen emporgehoben oder wieder gesenkt werden. Am Deckel des Batteriekastens ist noch der Stromwender befestigt.

Ausserdem hat Fein noch einfachere Batterien dieser Art mit Stöpselstromwählerschnur bei Verwendung von Glasgefässen hergestellt, die aber wegen der dazu noch offenen Glasgefässe und der Kaliumbichromatlösung die Bezeichnung »transportabel« durchaus nicht verdienen.

Louis Grell in St. Johann a. d. Saar hat eine transportable Batterie für medicinische Zwecke aus Zink-Kohle-Kaliumbichromatlösungs-Elementen construirt, der er nachrühmt, dass jedes Element für sich allein verwendet werden kann, man also nicht gebunden ist, eine ganze Reihe von Elementen in Thätigkeit zu setzen, wo nur einige genügt hätten, man ferner bei dieser Batterie überhaupt an keine Reihenfolge der zu benützenden Elemente gebunden sei und jedes nach Belieben in Thätigkeit setzen kann, dass ferner bei dieser Batterie jeder überflüssige Materialverbrauch vollkommen ausgeschlossen ist, und dass endlich die sofortige Verwendbarkeit des Apparates selbst dann nicht leidet, wenn einzelne Elemente im Stromeskreise beschädigt und unwirksam geworden sind. Diese Vortheile sucht Grell in folgender Construction zu realisiren: In einem Gestelle sind Gläser mit der erregenden Flüssigkeit (die vorerwähnte Kaliumbichromatlösung mit Zusatz von Schwefelsäure und schwefelsaurem Quecksilberoxyd) aufgestellt. Im Deckel des Gestelles sind die Kohlenstäbe fix angebracht, so dass sie fortwährend in die Flüssigkeit tauchen (nach dem früher Erörterten indes kein Vortheil);

die Zinke sind an Messingstäben befestigt, die nach oben in gleich dicke Hartgummistäbe ausgehen und in federnden Hülsen auf- und niedergeschoben werden können, welch' letztere an der Oberseite des Deckels eine leitende Verbindung aller Elemente herstellen. An der Unterseite des Deckels sind Contacte angebracht, welche die einzelnen Elemente zur Batterie verbinden. So lange die Messingstäbe in den Hülsen stecken, ist eine metallische Verbindung durch alle Elemente ohne Vermittlung der Erregungsflüssigkeit hergestellt; wird aber ein Messingstab so tief hinabgeschoben, dass das obere Hartgummiende desselben in der Hülse steckt, so ist die Leitung nach oben unterbrochen, nach unten hergestellt und das Zink gleichzeitig in die Erregungsflüssigkeit eingesenkt. Auf diese Weise kann der Strom ohne jede fühlbare Unterbrechung beliebig verstärkt oder abgeschwächt werden, da das Ein- und Ausschalten der einzelnen Elemente in der angegebenen Weise hier einen Stromwähler vertritt.

Indessen wäre nur Eines zu bedenken, dass bei so vielen Contactpunkten leicht durch Oxydation eine Stromesunterbrechung eintreten könnte, gerade dasjenige, wogegen Grell hauptsächlich zu Felde zieht und das den Hauptvortheil seiner Batterie ausmachen soll.

Hirschmann in Berlin hat aus 30 seiner vorher beschriebenen taucherglockenartigen Elemente eine Batterie zusammengestellt; je zehn Elemente sind an einen Leisten befestigt. Der Flüssigkeitsbehälter besteht aus Hartgummi und ist aus dem Batteriekasten einerseits nach rückwärts herausziehbar, andererseits in seitlichen Schlitzen *desselben* verstellbar und fixirbar. Der Zellenkasten ist

von einem 1 cm hohen Rande umgeben, in welchem behufs vollständigen Verschlusses beim Transporte eine Hartgummiplatte befestigt werden kann. Diese Batterie ist mit einem Kurbelstromwähler, Stromwender und Galvanoskop versehen; die Flüssigkeit ist eine Kaliumbichromatlösung (450 Gewichtstheile Wasser, 85 Gewichtstheile Schwefelsäure, 35 Gewichtstheile Kaliumbichromat und 7 Gewichtstheile schwefelsaures Quecksilberoxyd). Es ist unzweifelhaft, dass diese Batterie bei der Sorgfalt, die der Erzeuger fordert, gute Dienste leisten wird. Allein die Elemente müssen täglich gereinigt werden. Zu diesem Zwecke wird der Zellenkasten herausgenommen, ein, jeder Batterie beigegebener Zinkkasten mit Wasser eingeführt, in welches die Elemente für eine Viertelstunde tauchen müssen. Ferner soll täglich nachgesehen werden, ob alle Zinke gleich weit hervorragen, und müssen die etwa zu kurz befundenen mittels des Schlüssels hinreichend verlängert werden. Endlich soll auch die Flüssigkeit häufig erneuert und der Batteriekasten gewaschen werden.

Mayer & Wolf haben verschiedene Batterien aus den Zink-Kohle-Kaliumbichromatlösungs-Elementen construirt. Zwei Arten solcher Batterien werden mit verschiedener Elementenzahl von 10—30 Elementen hergestellt. Der Batteriekasten aus Holz enthält eine entsprechende Anzahl Glasgefässe; bei der theureren Ausführung ist ein Schieberstromwähler und Stromwender vorhanden, sowie ein verschliessbarer Batteriekasten mit beweglichen Handhaben, um das Verschütten der Flüssigkeit möglichst hintanzuhalten. Die billigere Ausführung enthält nur eine Stöpselstromwählerschnur.

Ein drittes Arrangement besteht aus 16—24 Elementen, besitzt einen schliessbaren Hartgummizellenkasten und ebenfalls eine Stromwählerschnur. Die Länge einer solchen Batterie aus 16 Elementen beträgt 28 cm, die Breite 16 cm, die Höhe 17 cm und das Gewicht 10 Kg.

E. M. Reininger in Erlangen hat aus seinen bereits erwähnten Winkelzellen eine Batterie construirt. In einer netten Cassette sind 15 kleine Elemente untergebracht. — Die Füllung geschieht mit Kaliumbichromatlösung unter Zusatz von Schwefelsäure. Leider hat diese sonst gefällige Einrichtung so viele Contacte, dass der praktische Arzt bei Verwendung dieser Batterie alle Augenblicke in Gefahr geräth, mit einer Stromesunterbrechung zu schaffen zu haben. Dem Postulate, welches der Erzeuger an seine Batterie stellt, einen galvanischen Strom von grosser Gleichförmigkeit und Dauer sicher zu liefern, dürfte dieselbe indes jedenfalls nicht nachkommen wegen der so rasch bei dieser Batterie auftretenden Polarisation und Stromesschwankung.

Dr. Theodor Schmauser in Alleghany (Pennsylvanien) V. S. A., hat eine transportable Combinationsbatterie für constanten und Inductionsstrom aus 20 Zink-Kohlenelementen construirt. Sie ist eine Tauchbatterie, die Stromwahl geschieht mittels einer Stromwählerschnur, die Flüssigkeit in den Elementzellen (Kaliumbichromatlösung) ist durch einen Deckel und Balken für den Transport absperrbar.

Dr. Spamer's transportable Zink-Kohlenbatterie besteht aus 40 Elementen, deren je zehn an einer Leiste befestigt sind. Diese Leisten sind in zwei seitlichen

Schlitzen des Holzkastens, in welchem der Zellenkasten aus Hartgummi steht, seitlich auf- und abschiebbar und können in jeder beliebigen Höhe fixirt werden. Die Kohlen und Zinke sind vierseitige, unten zugespitzte Stäbe, das Zink bis auf die Spitze, die Kohle bis $1^1/_2$ cm oberhalb der Spitze mit einem säurewiderstandsfähigen Harzüberzuge versehen, um möglichst geringe Oberflächen zu erhalten und möglichst lange der unausbleiblichen Polarisation zu steuern. Ist die blanke Zinkspitze verbraucht, so wird etwas vom Harzüberzuge abgeschabt; die Elektromotoren werden nur so tief eingesenkt, dass gerade die Spitzen in die Flüssigkeit tauchen. Diese ist eine Kaliumbichromatlösung (20 Gewichtstheile Kaliumbichromat, 300 Gewichtstheile Wasser, 45 Gewichtstheile Schwefelsäure und 2 Gewichtstheile schwefelsaures Quecksilberoxyd). Der Batteriekasten ist 18 cm hoch, 26 cm lang und bei 22 cm breit und hat mit den Nebenapparaten ein Gewicht von 6 Kg. Der Flüssigkeitsbehälter aus Hartgummi steht im hölzernen Batteriekasten in einer nach rückwärts ausziehbaren Holzlade. Die Batterie enthält noch ein Galvanometer, einen Commutator und geschieht die Stromeswahl durch eine Stromwählerschnur mit Ueberstöpselung über die Ausleitungszapfen. Der Flüssigkeitstrog ist nach oben offen, was für die Transportabilität nicht gerade sehr vortheilhaft ist.

Hermann Brade in Breslau rühmt die von ihm nach Angabe des Professors Dr. Voltolini daselbst fabricirten Universalbatterien für alle galvanotherapeutischen Zwecke an. Diese Batterien sollen sich für elektrotherapeutische Zwecke ebenso wie zu galvanokaustischen und elektrolytischen Operationen oder zur Armirung

eines Inductionsapparates, sowie eines Elektromagneten für oculistische Zwecke eignen. Die Batterie besteht aus 24 Zink-Kohle-Kaliumbichromatlösungs-Elementen, die durch Stellung von Schlusschiebern in verschiedener Anordnung eingeschaltet werden können. Die Stromeswahl geschieht durch eine Stromwählerschnur. Es dürfte indes der Werth dieser Universalbatterie ganz mit demselben Masstabe wie alle anderen Universalapparate und Universalheilmittel zu messen sein, die, indem sie sich für Alles eignen sollen, sich eigentlich für nichts recht schicken.

Bekanntlich hat Thomsen die Polarisation, der man in den Elementen mit allen zu Gebote stehenden Mitteln entgegenwirkt, zum Principe eines eigenen Elementes gemacht und aus derlei Elementen eine Batterie zusammengestellt, die einen continuirlichen galvanischen Strom von hoher Spannung und constanter Stärke mit Hilfe eines einzigen galvanischen Elementes liefert. Zudem ist die ganze Batterie ungemein handlich, nimmt einen nur sehr geringen Raum ein und ersetzt durch geringe Betriebskosten und leichte Instandhaltung einigermassen die ziemlich grosse Ausgabe bei der ersten Anschaffung. Die Batterie besteht aus 50 Polarisationselementen, welche auf zwei Batteriekästen vertheilt sind. Diese haben die Form von offenen Holztrögen, welche innen mit Wachs ausgekleidet sind und in die je 26 Platinplatten derart eingeschoben werden, dass sie den Batteriekasten in 25 Zellen theilen. Jede Platinplatte bildet somit eine Scheidewand zwischen je zwei be-

nachbarten Zellen, die mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt werden, und von jeder Platinplatte geht ein Leitungsdraht zu einem Vertheilungsapparate, der die beständige Ladung der Batterie zu unterhalten hat. Dieser besteht aus einem flachen Ringe aus isolirendem Material (Hartgummi, Celluloid, Holz etc.), auf welchem im Kreise radienförmig (wie beim Kurbelstromwähler) so viele Metallplättchen befestigt sind, als die Batterie Zellen enthält. Jedes dieser Ausleitungsplättchen steht mit einer Platinplatte in Verbindung. Durch die Mitte des Ringes geht eine Axe, welche zwei voneinander isolirte Arme trägt, welche die Leitungsdrähte eines grossplattigen Bunsen'- oder Grove'schen Elementes aufnehmen und in Federn ausgehen, welche so dicht nebeneinander stehen, dass, wenn die eine Feder ein Ausleitungsplättchen berührt, die andere mit dem nächsten in Contact steht. Wird nun diese Axe umgedreht, so wird durch die in den Zellen auftretende Polarisation stets die eine Seite jeder Platte mit Wasserstoff, die andere mit Sauerstoff geladen. Die Axenumdrehung des Vertheilers kann durch ein Uhrwerk oder durch einen kleinen Elektromotor etc. bewerkstelligt werden; da die Elemente der Polarisationsbatterie ohnehin schon durch ihre Einrichtung untereinander verbunden sind, weil jede Platinplatte selbst je zwei entgegengesetzte Pole für zwei benachbarte Elemente bildet, so wird der zu benützende Strom einfach von der ersten und letzten Platte abgeleitet und muss durch einen Rheostaten in der Nebenschliessung modificirt werden. Ueberdies hängt noch die Intensität des gelieferten Stromes von der polarisirenden Wirkung des Ladungselementes

ab. Die ganze Batterie, sammt dem Vertheiler, steht in einem polirten Holzkasten von 45 cm Länge, 30 cm Breite und 15 cm Höhe.

Die vorliegende Aufzählung einzelner Batterien zu medicinischen Zwecken, welche nur die Aufgabe hatte, einige der gangbarsten Formen vorzuführen, kann keinesfalls auf Vollständigkeit Anspruch machen, was übrigens auch gar nicht dem Plane dieser Schrift entspräche. Dass jede Batterie bei geeigneter Behandlung verwendbar ist, wurde bereits gesagt; meines Erachtens verdienen unter den transportablen Batterien jene aus Leiter'schen Braunsteinelementen mit schlitzwandigen Hartgummidiaphragmen bei Würdigung aller hiebei concurrirenden Momente gerade so vor allen übrigen den Vorzug, wie die Batterien aus Siemens-Halske'schen Elementen zu stabilen Apparaten allen anderen voranzustellen sind.

VII.

Die Thermoelektricität in der Heilkunde.

1821 machte Seebeck die Entdeckung, dass in jedem geschlossenen Leiter der Elektricität ein Strom kreist, sobald an einer Stelle dieses Leiters eine Temperaturdifferenz hervorgerufen wird. Schaltet man die beiden Enden eines Kupferdrahtes in einen hinreichend empfindlichen Multiplicator und erwärmt den Draht an einer Stelle, so wird eine Ablenkung der Magnetnadel das Auftreten eines Stromes anzeigen. Die auf diese Weise erregte Elektricität wird Thermoelektricität genannt.

Erwärmt man die Löthstelle zweier differenter Metalle und verbindet ihre freien Enden mit einem Galvanometer, so zeigt der starke Ausschlag der Magnetnadel eine bedeutendere Stromstärke an. Eine solche Combination zweier aneinander gelötheter differenter Metalle wird ein thermoelektrisches Element genannt.

Es ist indes nicht gleichgiltig, welche Metalle man zur Construction eines Thermoelementes wählt, sondern

haben vielmehr genaue Untersuchungen ergeben, dass sich die verschiedenen Metalle in eine **Spannungsreihe** (ähnlich wie bei der Berührungselektricität) bringen lassen. Die von verschiedenen Forschern aufgestellten Spannungsreihen sind nicht identisch, da es hier auf Structurverhältnisse und auf den verschiedentlichen Grad von Reinheit und Zusammensetzung der im Handel vorkommenden Metalle und Metallegirungen ankommt. Die meisten Spannungsreihen enthalten als äusserste Glieder Wismuth und Antimon, indessen werden zur Herstellung thermoelektrischer Batterien hauptsächlich Legirungen verwendet, deren Zusammensetzung von den Erzeugern geheim gehalten wird.

Erwärmt man die Löthstelle eines Wismuth-Antimonelementes, so fliesst der Strom vom Wismuth durch den Schliessungsbogen zum Antimon; kühlt man diese Löthstelle ab, so tritt eine entgegengesetzte Stromesrichtung ein; erwärmt man somit bei einer thermoelektrischen Batterie die Löthstellen der einen Seite und kühlt jene der anderen Seite zu gleicher Zeit ab, so summiren sich die durch beide Vorgänge angeregten Ströme, da ihre Richtungen für diesen Fall gleichlaufend sind.

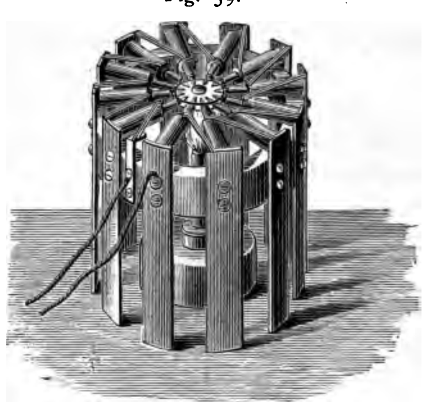
Während die Thermoelektricität in anderen Wissenszweigen bereits wichtige Verwerthungen gefunden hat (beispielsweise zur Bestimmung geringer Temperaturunterschiede etc.), wird sie in der Heilkunde vorzugsweise nur zur Ingangsetzung von Inductionsapparaten verwendet.

Man hat wohl vielfach Versuche gemacht, die Thermoelektricität auch für elektrotherapeutische Zwecke dienstbar zu machen; allein diese Versuche misslangen bisher, da

alle Apparate,' die halbwegs verwendbar gewesen wären, zu voluminös ausfielen und deren Anschaffung und Unterhaltung jedenfalls die gleichen Kosten für eine zweckentsprechendere galvanische Batterie bedeutend überstiegen.

Dagegen hat Noë zuerst kleine Thermosäulen gebaut, welche durch eine Spiritus- oder Gaslampe heizbar, einen

Fig. 59.



zur Ingangsetzung eines Inductionsapparates hinreichenden Strom liefern.

Fig. 59 stellt eine derartige Noë'sche Thermosäule von 12 Elementen dar. Die beiden Metalle (Neusilber und eine geheim gehaltene Legirung) werden durch Umgiessen (nicht durch Löthen) miteinander vereinigt und die einzelnen Elemente, wie aus der Figur ersichtlich, derart untereinander verbunden, dass man dieselben an Kupferstreifen anlöthet und diese an einen Papierring anschraubt. *Die Kupferstreifen* dienen zur Abkühlung

der anderen Löthstellen durch Ausstrahlung der Wärme und zugleich als Stativ des ganzen Apparates.

Derartige Thermosäulen wurden verschiedentlich modificirt und verbessert. Eine brauchbare und empfehlenswerthe Form ist die Hauck'sche Ausführung der Noë'schen Thermosäule, welche eine Combination von 50 Thermoelementen (à $^1/_{10}$ Daniell und $^1/_{50}$ S.-E.) darstellt und zur Ingangsetzung eines Inductionsapparates vollkommen ausreicht.

Eine anderweitige Verwendung hat die Thermoelektricität als Thermomultiplicator in Verbindung mit einer metallprüfenden Sonde zur Aufsuchung von Projectilen im menschlichen Körper gefunden, welche im Capitel über elektrische Projectilanzeiger besprochen werden soll.

Vielleicht könnte eine Modification der von Clamond construirten Thermosäule, die zuerst am 5. Mai 1879 in der Pariser Akademie vorgezeigt wurde, auch für gewisse Zwecke in der Heilkunde herangezogen werden. Diese Säule besteht aus 3 Theilen, und zwar aus einem, Collector benannten, der zur Aufnahme der Wärme dient, einem anderen, der als Diffusor bezeichnet wird und zur Abgabe der Wärme an die Umgebung dient, und den zwischen beiden eingeschalteten Thermoelementen. Clamond hat eine derartige Säule zur Erzeugung des elektrischen Lichtes construirt, welche einen Durchmesser von 1 m besass und durch einen Coaksofen heizbar war. Diese Säule repräsentirte eine elektromotorische Kraft von 218 Volts, was 121 frisch gefüllten Bunsen-Elementen gleichkommt und 156 Kgm. per Secunde äquivalent ist. Der normale Verbrauch von

Brennmaterial betrug bei einer derartigen Batterie 9 Kg Coaks per Stunde. Mit dieser Säule konnten zwei Serrin'sche Lampen gleichzeitig in Gang erhalten werden und zwar jede Lampe mit einer Leuchtkraft von 40 Gasbrennern. Eine derartige Vorrichtung könnte sich z. B. für chemische und thermische Galvanokaustik, sowie zur Erzeugung des elektrischen Lichtes für medicinische Zwecke verwenden lassen. Auch könnte vielleicht die zur Erzeugung der Elektricität verwendete Wärme zugleich noch zur Beheizung eines Raumes herangezogen werden.

VIII.

Inductionsapparate.

Hier sollen nur die voltaelektrischen Inductionsapparate ihre Besprechung finden, während die magnetelektrischen Inductorien im Capitel über Rotationsapparate abgehandelt werden.

Das Princip der elektrischen Induction beruht bekanntlich darauf, dass in einem geschlossenen guten Leiter der Elektricität B jedesmal ein kurzdauernder Strom entsteht, wenn

1. in einem benachbarten guten Leiter A ein galvanischer Strom entsteht oder vergeht, oder wenn
2. in der Nähe des geschlossenen Leiters B Magnetismus *entsteht oder* vergeht.

Im ersten Falle heisst die im Leiter *B* hervorgerufene Elektricität Volta-Induction, während sie im zweiten Falle Magneto-Induction genannt wird.

Gewöhnlich besteht sowohl der Leiter *A*, als auch der Leiter *B*, aus einem um eine Holzspule aufgewickelten, mit Seide übersponnenen Drahte, und sind beide Drahtspulen so eingerichtet, dass die Spule *A* isolirt in die Spule *B* geschoben werden kann.

Ist nun die Spule *A* mit einer galvanischen Kette verbunden, in die Spule *B* dagegen beispielsweise der menschliche Körper eingeschaltet, so wird letzterer immer eine elektrische Erschütterung verspüren, so oft in der Spule *A* der Kettenstrom geschlossen oder geöffnet wird.

Die Oeffnung und Schliessung des Batteriestromes in der Spirale *A* kann entweder durch ein Rheotom oder durch ein Unterbrechungsrad (Blitzrad), oder aber auch durch den sogenannten Neef'schen oder Wagner'schen Hammer vorgenommen werden. Letztere Unterbrechungsvorrichtung hat noch den Vortheil, dass sie automatisch durch den Kettenstrom in Thätigkeit gesetzt wird, während alle übrigen Unterbrechungsvorrichtungen entweder durch Menschenhand oder aber durch einen eigenen Apparat, z. B. ein Uhrwerk, in Gang gesetzt werden müssen.

Der Wagner'sche Hammer besteht aus einem kleinen Elektromagneten mit einem federnden Anker (Hammer genannt). Wird das eine Drahtende der Spirale *A*, ehe es zur Batterie geht, noch um den Eisenkern des Elektromagneten des Wagner'schen Hammers gewickelt und erst jetzt zur Batterie geführt, während das zweite Drahtende zu einem Contactpunkte für den Stiel des

federnden Ankers geleitet und der Metallständer, an welchem dieser Stiel befestigt ist, mit dem zweiten Batteriepole verbunden wird, so fliesst durch den Wagner'-schen Hammer und die Drahtspule *A* immer ein galvanischer Strom, wenn der federnde Anker mit seinem Stiele den vorerwähnten Contactpunkt berührt. In diesem Momente wird aber der Elektromagnet des Wagner'-schen Hammers actuell und zieht den Anker an, entfernt also den Hammerstiel von seinem Contactpunkte und öffnet so den Kettenstrom; dadurch aber hört der Magnetismus im kleinen Elektromagneten auf, und der federnde Hammer schnellt empor und berührt wieder den Contactpunkt, wodurch der Strom abermals geschlossen, der Anker vom Elektromagneten abermals angezogen, hiedurch der Batteriestrom wieder geöffnet wird u. s. w.

Mit dieser Vorrichtung ist man somit imstande, den Strom in der Spirale *A* beliebig rasch zu unterbrechen und so in der benachbarten Spirale *B* kurzdauernde Ströme zu induciren.

Es sei hier ausdrücklich noch einmal wiederholt, dass nur das Entstehen und Vergehen des Magnetismus, gerade so wie nur eine Stromesschwankung in der Spule *A* einen momentanen Strom in der Spule *B* inducirt, dagegen weder ein die Spule *A* constant durchfliessender Strom, noch ein in der Nähe der Spule *B* befindlicher constanter Magnet auf letztere irgendwie inducirend wirkt.

Die Drahtrolle *A* heisst gemeiniglich die **primäre,** *B* hingegen die secundäre Spirale und dem entsprechend wird auch der in der Spule *A* circulir Batteriestrom der primäre oder inducirende, hin

der in der Spirale B entstandene Momentanstrom der secundäre oder inducirte Strom genannt.

Befände sich in der Spirale A ein weicher Eisenkern, so würde dieser bei jedem Stromesschluss magnetisch, dagegen beim Oeffnen des Batteriestromes wieder unmagnetisch werden.

Was nun die Richtung des inducirenden und inducirten Stromes anbelangt, so ist der in der Spule B inducirte Momentanstrom jedesmal beim Schliessen des Kettenstromes in der Spule A diesem entgegengesetzt und beim Oeffnen des Stromes in der Spule A diesem gleich gerichtet. Desgleichen ist der durch einen Magneten in der Spule B inducirte Momentanstrom beim Entstehen des Magnetismus einem diesen Magnetismus (wie vorher angedeutet) in einem weichen Eisenkerne hervorrufenden Magnetisirungsstrome entgegengesetzt, beim Vergehen des Magnetismus hingegen diesem Magnetisirungsstrome gleich gerichtet. Ein in der Spule A befindlicher Elektromagnet müsste also auf gleiche Weise wie der sie durchfliessende galvanische Strom auf die Spirale B inducirend wirken, daher die durch den Batteriestrom in der Spule B erregten Momentanströme verstärken.

Zu einem Inductionsapparate ist somit der Batteriestrom, der Wagner'sche Hammer, die primäre und secundäre Drahtspule und zur Verstärkung der Wirkung noch ein weicher Eisenkern in der Spule A erforderlich.

Bekanntlich äussert der galvanische Strom nur in seinen Schwankungen seine fühlbare Einwirkung auf den menschlichen Organismus; so wird, wie in der Ein-

leitung erörtert wurde, ein schwacher oder mittelstarker galvanischer Strom bei stabiler Application an die unverletzte Haut kaum empfunden, dagegen tritt sofort lebhafte Reaction ein, wenn in den Stromeskreis ein Unterbrechungsrad eingeschaltet und in Thätigkeit gesetzt wird.

Wird nun die oben besprochene Spule A mit dem Wagner'schen Hammer ohne Eisenkern und ohne die secundäre Spule B mit dem menschlichen Körper in die Hauptschliessung einer Batterie geschaltet, so functionirt der selbstthätige Unterbrecher nicht, weil der Strom durch die directe Einschaltung des menschlichen Körpers wegen des grossen Widerstandes des letzteren so geschwächt wird, dass das weiche Eisen des kleinen Elektromagneten des Wagner'schen Hammers nicht mehr magnetisch werden und daher den Hammer nicht mehr anziehen kann. Wird jedoch der menschliche Körper in eine Nebenschliessung der Drahtrolle A geschaltet, so dass der Strom in zwei Zweige getheilt ist und entweder durch den Körper oder durch den Wagner'schen Hammer fliessen kann, so wird im Momente der Schliessung fast gar kein Strom durch den Körper gehen, weil ihm im metallisch geschlossenen Leiter viel weniger Widerstand geboten wird, als beim Durchgange durch den Körper. Beim Oeffnen des Stromes kann sich derselbe aber auch nicht durch den Körper ergiessen, weil von der Spirale A wohl eine Leitung (Nebenschliessung) zum Körper vorhanden ist, die Stromesunterbrechung (Oeffnung) aber im Hammer selbst stattfindet, somit jetzt überhaupt kein Strom kreist. Und dennoch spürt der in eine Nebenschliessung eingeschaltete menschliche

Körper nunmehr einen Schlag. Dies kommt daher, weil die einzelnen von einander isolirten Lagen der Drahtwindungen der Spirale *A* ebenfalls auf einander inducirend wirken und beim Schliessen des Hauptstromes einen diesem entgegengesetzten, beim Oeffnen dagegen einen dem Hauptstrom gleichgerichteten momentanen Inductionsstrom erzeugen. Der dem Hauptstrom entgegengesetzte Schliessungsinductionsstrom äussert auf den in einer Nebenschliessung befindlichen Körper keine Wirkung, weil er sich im metallischen Schliessungsbogen ausgleichen kann, wobei er den Hauptstrom schwächt. Dagegen kann der bei der Oeffnung des Hauptstromes mit diesem gleichgerichtete Oeffnungsinductionsstrom sich durch einen metallenen Schliessungsbogen nicht mehr ausgleichen, weil dieser unterbrochen ist, und ergiesst sich in den in der Nebenschliessung befindlichen menschlichen Körper.

Dieser Inductionsstrom, der in der primären Spirale *A* auf diese Weise entsteht, heisst primärer Inductionsstrom oder Extracurrent. Beim Spiele des Wagner'schen Hammers erhält der in eine Nebenschliessung eingeschaltete menschliche Körper somit nur dem inducirenden Batteriestrome gleichgerichtete Oeffnungsinductionsschläge, an denen man entsprechend dem Stromeslaufe des inducirenden Stromes noch Anode und Kathode unterscheiden kann.

Wird der Eisenkern in die primäre Spirale *A* gebracht und die secundäre Spirale *B* über die erstere geschoben, der inducirende Hauptstrom mit der Spirale *A*, der menschliche Körper dagegen mit den Drahtenden der Spirale *B* in Verbindung gebracht, so empfindet

derselbe nunmehr sowohl Oeffnungs- als auch Schliessungsströme, entsprechend den in der secundären Spirale inducirten Strömen, die secundäre Inductionsströme genannt werden und, den im vorigen Auseinandergesetzten zufolge, beim Schliessen des Hauptstromes diesem entgegengesetzt, beim Oeffnen desselben aber ihm gleichgerichtet sind.

Vergleicht man bei verlangsamtem Spiel des Wagner'schen Hammers den Effect des secundären Schliessungs- und Oeffnungsstromes, so kann man deutlich wahrnehmen, dass erstlich der Oeffnungsstrom intensiver empfunden wird, als der Schliessungsstrom, und dass zweitens der Schliessungsstrom sich langsamer abgleicht als der Oeffnungsstrom. Dies hat in dem Entstehen des primären Inductionsstromes seinen Grund, der bei der Oeffnung dem Batteriestrome entgegengesetzt verläuft, also diesen schwächt, daher der Schliessungsstrom in seinem Effecte hinter dem Oeffnungsstrom zurückbleibt, während der Oeffnungsextracurrent sich, wie vorher erwähnt, im metallischen Schliessungsbogen nicht ausgleichen, somit auch auf den secundären Oeffnungsstrom keinerlei hemmenden Einfluss üben kann. Die Verlangsamung des secundären Schliessungsstromes kommt dadurch zustande, dass der Schliessungsextracurrent nicht nur den inducirenden Hauptstrom schwächt, sondern in der secundären Spirale *B* ebenfalls einen Inductionsstrom erregt, der aber jenem, vom Batteriestrom hervorgerufenen, entgegengesetzt richtet ist, und daher diesen abermals schwächt und v zögert. Beim secundären Inductionsstrome kann v einer Unterscheidung von *An.* und *Ka.* deshalb kei Rede sein, weil bei jeder Oeffnung und Schliessung de

Hauptstromes die secundären Inductionsströme entgegengesetzt gerichtet sind. In der Praxis bestimmt man die Richtung des secundären Inductionsstromes nach dem sich wirksamer äussernden secundären Oeffnungsstrome, der weder in seiner Geschwindigkeit, noch in seiner Intensität geschwächt auftritt.

Zu physiologischen Versuchen ist es wünschenswerth, gleich schnell verlaufende und gleich intensive secundäre Inductionsströme zu verwenden. Daher hat Helmholtz für diesen Zweck unterhalb des Wagner'schen Hammers noch einen Metallständer mit Platincontact angebracht, welchen der Stiel des Wagner'schen Hammers während er vom kleinen Elektromagneten angezogen wird und somit den Batteriestrom öffnet, berührt, wodurch auch der Oeffnungsextracurrent sich mittels einer mit dieser (Helmholtz'schen) Vorrichtung in Verbindung stehenden Nebenschliessung in der primären Spirale ausgleichen kann und somit auch den secundären Oeffnungsstrom schwächt und verzögert. Ueberdies kann die Aufeinanderfolge der einzelnen Intermissionen statt durch den Wagner'schen Hammer durch eine elektrisch schwingende Stimmgabel regulirt werden.

Die Wirkung des secundären Inductionsstromes wird verstärkt durch Vermehrung der Windungen in der secundären Spirale und durch Vergrösserung der Stromstärke des inducirenden Batteriestromes.

Dies sind die allgemeinen Gesichtspunkte, nach denen Inductionsapparate für medicinische Zwecke gebaut werden müssen. Im Speciellen sind indes noch einige *Momente* zu berücksichtigen.

So kommt es bei einem guten Inductionsapparate 1. auf eine entsprechende Batterie, 2. auf die Drahtrollen, 3. auf den Neef'schen Hammer, 4. auf den Eisenkern und endlich 5. auf die Ableitung der Ströme, die Bewegung der Rollen übereinander und die Modification der Intensität der Inductionsströme, vor allem Andern an.

1. Von der Batterie

sollte bei Construction eines guten Inductionsapparates für medicinische Zwecke ausgegangen werden. Es herrscht in dieser Beziehung leider ein grosser Unfug und werden Inductionsapparate in allen Grössen fabricirt und mit allen möglichen Elementen armirt, die aber zumeist keine wissenschaftliche Verwerthung zulassen, weil ihre Effecte in keiner Weise untereinander vergleichbar sind.

Jeder Inductionsapparat sollte ein- für allemal mit derselben Elektricitätsquelle in Thätigkeit gesetzt werden, beziehungsweise dieser Stromesquelle entsprechend construirt sein.

Da der inducirende Strom die primäre Spirale zu durchfliessen hat, welche ihm keinen bedeutenden Widerstand darbietet, muss diese Stromesquelle womöglich aus einem einzigen oder nur sehr wenigen Elementen mit geringem inneren Widerstande bestehen. Am meisten wäre zu diesem Zwecke ein Braunsteinelement bestimmter Construction, oder sonst ein constantes Element, zu empfehlen. Ganz und gar zu verwerfen sind indes alle inconstanten Elemente, deren Stromstärke anfangs eine *bedeutende ist, in* kurzer Zeit aber nachlässt und selbst

bei einem und demselben Apparate oft zu Anfang und am Ende einer Untersuchung ganz verschiedene, mit einander nicht vergleichbare Resultate liefert.

Der internationale Congress der Elektriker in Paris empfahl zur Armirung des Inductionsapparates für medicinische Zwecke ebenfalls die Benützung eines und desselben Elementes, beispielsweise eines Daniell-Elementes; wegen der Nothwendigkeit der häufigen Reinigung desselben dürfte indes das Braunsteinelement vorzuziehen sein, wogegen alle Modificationen des Grenet'schen Elementes als zu diesem Zwecke absolut ungeeignet zu erklären sind. Auch dem Smee'schen Elemente ist das Braunsteinelement wegen seiner grösseren Dauerhaftigkeit und Constanz, dem Bunsen'schen und Grove'schen dagegen wegen der Verwendung concentrirter Salpetersäure bei letzteren, vorzuziehen. Elemente mit concentrirten Säuren sind überhaupt zur Armirung von Inductionsapparaten nicht empfehlenswerth, da schon mancher Inductionsapparat durch ein nicht sehr vorsichtiges Handhaben solcher Elemente zerstört wurde. Mit Vortheil lassen sich auch Thermosäulen zu diesem Zwecke verwenden.

Weshalb die Wahl der Stromesquelle zur Armirung des Inductionsapparates bei der Construction desselben als Ausgangspunkt genommen werden sollte, erhellt daraus, dass zur Erzielung der günstigsten Effecte

2. die primäre Spirale

(nach Zech) einen Gesammtwiderstand haben soll, der dem reducirten Widerstande der Stromesquelle gleich ist.

Damit die primäre Spirale dem inducirenden Strome einen nicht allzu grossen Widerstand setze, wird dieselbe aus nicht zu zahlreichen Windungen dickeren Drahtes mit Berücksichtigung der vorhin erwähnten Regel hergestellt. Die Spule, um welche dieser Draht gewickelt werden soll, darf nicht dickwandig sein, vielmehr soll dieselbe womöglich aus einer sehr dünnen Fournirholz- oder Pappröhre bestehen, der aufzuwindende Draht muss sehr gut isolirt sein und ist an seinem Anfange, sowie an seinem Ende gespalten, d. h. er beginnt und endet gabelförmig. Der eine Ast am Anfange des Drahtes wird zum Elektromagneten des Neef'schen Hammers, der andere zu der einen Polklemme für den Extrastrom geleitet. Das Ende des Drahtes der primären Spule sendet den einen Ast zur zweiten Polklemme für den Extracurrent, während der andere Ast zur Contactschraube des Neef'schen Hammers geführt wird. Vom Elektromagneten, sowie vom Ständer des Wagner'schen Hammers gehen Verbindungen zu den Polklemmen für die inducirende Stromesquelle. Der Draht der primären Spirale soll womöglich aus einem Stücke bestehen; wo dies nicht möglich wäre, sollen die einzelnen Theile desselben gelöthet und nicht einfach geknüpft, und diese Stellen besonders gut isolirt werden. Dasselbe gilt übrigens auch für den Draht der Secundärspirale. Mit Seide übersponnener Draht ist jenem mit Wolle übersponnenen vorzuziehen; zwischen je zwei aufeinanderfolgende Drahtschichten soll eine Papierlage eingeschaltet und womöglich jede Drahtlage mit Firnisüberzug versehen werden; die äusserste Drahtlage wird zweckmässig mit einer schützenden Umhüllung aus Seiden-

band oder Wachstuch oder noch besser aus Hartgummi versehen.

Die secundäre Rolle

muss über die primäre gleichmässig und leicht verschiebbar sein und besteht aus zahlreichen Windungen eines dünnen Drahtes, da die Stärke der Induction mit der Windungszahl zunimmt und der Widerstand der Secundärspirale im Verhältnisse zum Widerstande des in ihrem Kreise einzuschaltenden menschlichen Körpers schon erheblich sein darf. Allein es darf der Draht der Secundärspule weder beliebig dünn, noch beliebig lang genommen werden. Im Gegentheile giebt es nach beiden Richtungen bestimmte Grenzen. Im Allgemeinen soll der Draht für die secundäre Rolle dünner gewählt werden, als jener für die primäre, aber wieder nicht allzu dünn, weil sonst erfahrungsgemäss sehr schmerzhaft wirkende Secundärströme entstehen. Was die Länge dieses Drahtes, beziehungsweise die Windungszahl der secundären Rolle anbelangt, so ist der Widerstand derselben in's Auge zu fassen, und darf mit der Windungszahl nicht etwa so weit gegangen werden, dass der Widerstand der secundären Spirale so gross oder gar noch grösser wird, als der des menschlichen Körpers, weil sonst der Vortheil der vermehrten Windungszahl verloren gienge. Besonders ist auf die Anwendung feuchter Elektroden Rücksicht zu nehmen, wodurch der Widerstand der Haut bedeutend herabgesetzt wird, wogegen für die Anwendung trockener Metallelektroden der Widerstand der secundären Rolle nicht leicht zu gross ausfallen

kann. Es würde sich daher bei einer sehr grossen Anzahl von Windungen empfehlen, ausser den Polklemmen, welche mit dem Anfange und mit dem Ende der ganzen Drahtlänge in Verbindung stehen, noch zwei andere Polklemmen für den Gebrauch feuchter Elektroden anzubringen und dieselben nur mit einem Theile der Drahtlänge der Secundärspirale, entsprechend dem bei Verwendung wohl durchfeuchteter Rheophoren verminderten Hautwiderstande, zu verbinden.

Ein sehr wichtiger Bestandtheil jedes Inductionsapparates ist

3. Die Unterbrechungsvorrichtung.

Am vortheilhaftesten bewähren sich die automatisch wirkenden Stromesunterbrecher nach dem Principe des Neef'schen oder Wagner'schen Hammers. Wie schon flüchtig oben erwähnt wurde, besteht dieser Unterbrecher aus einem kleinen Elektromagneten und einem beweglichen Anker. Letzterer ist an einem Metallhebel angebracht, der wieder durch Federkraft an eine ober ihm befindliche Contactschraube gedrückt wird. Diese Contactschraube bildet bei Berührung mit dem Hebel des automatischen Hammers den Stromesschluss, hiedurch wird der weiche Eisenkern des kleinen Elektromagneten magnetisch, zieht den Anker an und unterbricht so den Strom; dies hat zunächst zur Folge, dass der Magnetismus im Eisenkerne aufhört, wodurch die Federkraft in Action tritt, den Hebel abermals mit der *Contactschraube in* Berührung bringt u. s. f.

Es ist nun ganz gleichgiltig, ob der Eisenkern dieses Elektromagneten aus einem oder zwei Schenkeln besteht, ob er im letzteren Falle aus einem U-förmig gebogenen Stücke gearbeitet oder aus zwei Säulen mit einem geraden Querstück gefertigt ist. Des Ferneren macht es keinen Unterschied, ob dieser Elektromagnet horizontal oder vertical steht und ob der Anker quer oder der Länge nach über den Magnetpolen schwingt. Dagegen ist es nicht ganz gleichgiltig, wie der Hammer gefertigt sei, ob nämlich der Hebel, an dessen Vorderende der Anker angebracht ist, aus einer federnden oder starren Stange besteht und wie die Regulirung der Intermissionen des Wagner'schen Hammers ermöglicht ist.

Bequemer ist es freilich, die ganze Hebelstange aus einer federnden Metallspange zu fertigen, das eine Ende dieser Feder in dem Ständer festzuschrauben und an dem anderen Ende den Anker anzunieten. Allein diese Anordnung gestattet es nicht, das Spiel des Hammers zu beeinflussen, beziehungsweise die Zahl der Unterbrechungen (in einer bestimmten Zeit) zu vermehren oder zu vermindern, wenn man nicht jedesmal die Feder verbiegen will, was sie sich jedenfalls nicht oft gefallen lassen dürfte und wozu andererseits immerhin eine geübte Hand gehört.

Zu wissenschaftlichen Untersuchungen ist eine starre Hebelstange nothwendig, welche entweder an ihrem Ende oder in ihrem Verlaufe in eine horizontale in Spitzen eingelagerte Axe beweglich hergestellt ist. Ist dieser Hebel zweiarmig, so ist am rückwärtigen Hebelende eine feine Drahtspiralfeder angebracht, welche durch eine Mikrometerschraube nachgelasssen oder strammer

angespannt werden kann. Ist der Hebel dagegen einarmig, so wird er, wie Leiter dies bei seinem Inductionsapparate durchgeführt hat, durch eine Stahlfeder nach aufwärts gegen die Contactschraube gedrückt, wobei diese Hebefeder ebenfalls durch eine Mikrometerschraube regulirbar ist. Näher wird auf diese Einrichtung bei Besprechung des Leiter'schen Inductionsapparates eingegangen werden.

An der Stelle, wo der Hebel des Wagner'schen Hammers die Contactschraube berührt, muss ein nicht allzudünnes Platinscheibchen angelöthet sein, desgleichen muss die Contactschraube eine Platinspitze tragen, um jederzeit sicheren Contact herbeiführen zu können. Die Contactschraube sollte bei jedem besseren Inductionsapparate eine Gegenmutter besitzen, da eine einfache Schraube durch die Schläge des Hammers erschüttert wird, öfters nachlässt und ein häufiges Richtigstellen erfordert.

Bei dieser Anordnung ist es möglich, das Spiel des Hammers zu beschleunigen oder bis auf einzelne Schläge zu verzögern; letzteres kann dadurch erzielt werden, dass die Contactschraube höher gestellt und die Spiralfeder angezogen wird. Lässt man dagegen die Spiralfeder nach und stellt die Contactschraube tiefer, so erfolgen die Intermissionen endlich so rasch auf einander, dass sie einen ganz genau bestimmbaren Ton erzeugen, aus dessen Höhe man dann allein die Schwingungszahl bestimmen kann. Die Handhabung der Leiter'schen Hebefeder wird weiter unten besprochen.

Ausser dieser durch Stellung der Contactschraube und durch Spannung der Feder erzielbaren Regulirung

der Schnelligkeit der Unterbrechungen des Wagner'schen Hammers lässt sich zu gleichen Zwecken noch der M. Meyer'sche Kugelunterbrecher anbringen. Es ist dies eine Messingkugel, welche am Anker, somit am vorderen Ende des Wagner'schen Hammers verschiebbar angebracht wird. Durch Verschiebung dieser Kugel nach vorne lässt sich der schwingende Hammer verlängern, wodurch dessen Schwingungen verlangsamt werden.

Eine ähnliche Einrichtung beschrieb J. Leiter in seinem Kataloge vom Jahre 1876, pag. 167 und 169, wobei indes die Verlängerung des Wagner'schen Hammers nicht an seinem Vorderende, sondern rückwärts vorgenommen wurde. Durch einen isolirten Taster konnten einzelne Unterbrechungen in beliebiger Schnelligkeit ausgeführt werden.

Bei Verwendung einer federnden Spange als Stiel des Wagner'schen Hammers geht der Strom durch den Ständer in den Hammerstiel und von da zur Contactschraube. Bei einer starren Metallstange als Hammerstiel, die dann in Spitzen beweglich ist, kann der Strom entweder durch die Spitzen der Axe oder durch die Spiral- (oder Hebe-) Feder in den Hammerstiel geleitet werden. Für diesen Fall wird es gut sein, die Spitzen, sowie die Pfannen für dieselben zum Schutze gegen eine unerwünschte Stromesunterbrechung infolge der Oxydation zu vergolden, vernickeln oder mit einem Platinüberzuge zu versehen. Das Platinscheibchen für die Contactschraube darf ja nicht zu dünn gewählt werden, weil es sonst in Kurzem durch die überspringenden elektrischen *Funken* an der Contactstelle zerstört wird.

Es ist selbstverständlich, dass ausser den besprochenen Einrichtungen des Wagner'schen Hammers noch zahlreiche mehr oder minder complicirte Ausführungen desselben bei den einzelnen Inductionsapparaten zu verzeichnen sind.

So ist z. B. die Construction des Wagner'schen Hammers am Duchenne'schen Inductionsapparate ganz abweichend von den eben besprochenen Einrichtungen desselben. Daselbst bildet nämlich ein massiver Eisenhebel mit seinem breiteren Vorderende den Anker und ist beiläufig in seiner Mitte in Spitzen beweglich eingerichtet. Der Contact befindet sich hier indes nicht zwischen dem Unterstützungspunkte und dem vorderen Hebelende, sondern am rückwärtigen Hebelende ausserhalb des Unterstützungspunktes. Die Contactschraube ist dem entsprechend auch nicht ober dem Hebel angebracht, sondern sie befindet sich am Hebel selbst und vermittelt den Contact mit einer unter ihr befindlichen drehbaren Platinscheibe. Zwischen der Drehaxe und diesem Contacte ist eine ebenfalls regulirbare Spiralfeder angebracht. Die drehbare Platinscheibe befindet sich wieder an einer langen, geschlitzten Metallfeder, die mit ihrem vorderen, die Contactscheibe tragenden Ende auf einer verstellbaren Schraube ruht. Wird diese tiefer gestellt, so schwingt die gespaltene Feder auch mit und beeinflusst, ganz abgesehen von der höheren oder tieferen Stellung der Contactschraube, dem stärkeren oder minder starken Anziehen der Spiralfeder, noch separat die Bewegungen des Hammers, indem sie dieselben verzögert.

Diese Einrichtung des Wagner'schen Hammers wurde wegen des historischen Interesses des Duchenne'-

schen Inductionsapparates erwähnt. Auf noch anderweitige Abänderungen desselben kann hier indes nicht eingegangen werden.

Zur Verstärkung des primären, sowie des secundären Inductionsstromes wird bekanntlich noch

4. ein Eisenkern

in die primäre Spule geschoben. Dieser Eisenkern darf aber weder ein massiver Eisencylinder, noch sonst ein in sich geschlossener Eisenkörper sein, sondern muss entweder aus einem geschlitzten Eisenrohre oder aber aus einzelnen, am besten von einander isolirten Eisendrahtstäben bestehen. Würde der Eisenkern einen in sich geschlossenen Metallkörper bilden, so wäre er ein geschlossener guter Leiter der Elektricität; in einem solchen werden aber nach dem Vorhergesagten beim Schliessen eines Batteriestromes in einem benachbarten Schliessungsbogen entgegengesetzte, beim Oeffnen aber gleichgerichtete Inductionsströme erregt. Die von der Batterie im Eisenkerne und in der secundären Spirale inducirten elektrischen Ströme wären also in jeder Phase gleichgerichtet; der im Eisenkerne erregte Inductionsstrom würde aber jedesmal in der secundären Spule einen ihm selbst, also auch dem vom Batteriestrome erregten, entgegengesetzt gerichteten Strom induciren und so den secundären Inductionsstrom ganz erheblich schwächen.

Thatsächlich verwendet man auch einen in sich geschlossenen guten Leiter der Elektricität in dieser Art, als Moderateur zur Abschwächung der Intensität des secundären Inductionsstromes, indem man über

den Eisenkern eine Kupferröhre schiebt. Je nachdem dieser Dämpfer mehr oder weniger eingeschoben. wird, wird seine inducirende Wirkung (in entgegengesetzter Richtung) vermehrt, und dementsprechend auch die Intensität des inducirten Stromes vermindert. Diese Einrichtung findet sich beispielsweise auch beim Duchenne'-schen Inductionsapparate.

Dem Gesagten zufolge soll daher der Eisenkern aus einzelnen Eisendrähten bestehen. Das Eisen sei gut ausgeglühtes Holzkohlen-Stabeisen, und müssen die einzelnen Drahtstäbe entweder durch irgend einen Firnisüberzug oder dadurch, dass man dieselben vorerst rosten lässt, voneinander isolirt werden. Dieselben werden dann am besten durch Hartgummiringe oder in der Weise, dass sie beiderseits mit Hartgummifassungen versehen werden, zu einem Bündel vereinigt.*) Es ist eine derartige Montirung des Eisenkernes vortheilhaft, und lässt sich an einer Metallspange, die längs der Eisenstäbe verläuft, sehr leicht eine Millimetereintheilung anbringen, wodurch die Beeinflussung der Intensität der Inductionsströme durch den Eisenkern genau bestimmt werden kann.

Unzweckmässig ist es, die Eisenstäbe einfach in die primäre Spirale einzulegen und zum Zwecke der Verminderung der Intensität einfach einen Theil derselben herauszunehmen; dies gestattet einerseits keine vergleichbaren Resultate, andererseits gehen leicht einzelne Stäbe verloren.

---

*) Diese Montirung darf aber nicht durch Metallrohrstücke vorgenommen werden, wie man es oft genug findet.

Im bisher Gesagten wurde mehrfach

5. Die Beeinflussung der Intensität

der Inductionsströme erwähnt.

Der secundäre Inductionsstrom hat seine grösste Intensität, wenn die Secundärrolle ganz über die primäre geschoben und der Eisenkern ganz in die primäre Spule eingesteckt worden ist; abgeschwächt wird der secundäre Inductionsstrom durch theilweises oder gänzliches Herausziehen des Eisenkernes, sowie durch Anwendung einer Dämpfung, endlich aber hauptsächlich durch Verschiebung der Secundärrolle. Je mehr die Secundärrolle von der primären entfernt wird, auf desto weniger Windungen derselben erstreckt sich die inducirende Wirkung des Batteriestromes, und da die Intensität der Wirkung des secundären Inductionsstromes mit der Anzahl der Windungen der Secundärspirale zunimmt, so muss selbstverständlich bei der vorerwähnten Entfernung der Spulen voneinander die Intensität des secundären Inductionsstromes vermindert werden.

Der primäre Inductionsstrom wirkt am intensivsten, wenn die secundäre Spirale entfernt und der Eisenkern ganz eingeschoben ist. Vermindert wird derselbe durch Herausziehen des Eisenkernes, sowie durch Anwendung eines Moderateurs (Kupferrohr) oder dadurch, dass die Secundärspule ganz über die primäre geschoben und metallisch in sich geschlossen wird, indem man die beiden Polklemmen für die Ableitung des secundären Inductionsstromes durch einen kurzen Kupferdraht verbindet. In dieser Weise wirkt dann die secundäre Spirale

gleich einem Moderator auf die Intensität des primären Inductionsstromes abschwächend ein.

Sollte es nöthig werden, den primären Inductionsstrom noch weiters abzuschwächen, so müsste noch ein Flüssigkeitsrheostat in die Hauptleitung desselben oder ein Metallrheostat in eine Nebenschliessung eingeschaltet werden.

Selbstverständlich kann sowohl der primäre, als auch der secundäre Inductionsstrom durch Verstärkung der inducirenden Stromesquelle gleichfalls verstärkt, dagegen durch Schwächung derselben ebenfalls in seiner Intensität vermindert werden.

Die mehr oder minder intensive Einwirkung inducirter Ströme auf den menschlichen Organismus hängt nur mit der Spannung derselben zusammen. Diese wird aber mit der Anzahl der Windungen vergrössert; hiemit wird aber andererseits auch der Widerstand der secundären Inductionsrolle ebenfalls vermehrt. Aus diesem Grunde findet die Ausgleichung dieser hochgradigen elektrischen Spannungen hauptsächlich an der Oberfläche der Haut statt, während die Wirkung derselben auf tiefer gelegene Organe geringer sein wird, als bei Anwendung des primären Inductionsstromes, welcher einen bedeutend geringeren Widerstand in der Drahtspirale findet, andererseits aber auch keine so starke Spannung besitzt.

Es wird sich demnach der secundäre Inductionsstrom mehr zur Application mittels Metallelektroden auf die trockene Haut eignen, während der primäre Inductionsstrom bei Application feuchter Elektroden dem eben Gesagten zufolge besser auf die tiefer gelegenen Organe einwirken wird.

Ein anderer, etwa specifischer Unterschied in der Wirkung des primären und secundären Inductionsstromes auf den menschlichen Körper, ausser dem eben erwähnten, der lediglich auf den physikalischen Verhältnissen beruht, besteht indes trotz mehrfacher Behauptung der Existenz eines solchen specifischen Unterschiedes nicht. Deshalb wird auch bei Inductionsapparaten, die nicht eine überaus grosse Windungszahl in der secundären Spule besitzen, fast ausschliesslich der secundäre Inductionsstrom sowohl für die Application feuchter Elektroden, als auch zur Hautreizung mit trockenen Metallrheophoren zu diagnostischen Versuchen, wie auch zu therapeutischen Zwecken verwendet. Darum muss aber auch der secundäre Inductionsstrom einerseits die für therapeutische und diagnostische Verwendung nöthige Stromstärke besitzen, andererseits aber auch in allen Abstufungen seiner Intensität verwendbar sein.

Es ist deshalb die fixe Anbringung der secundären Rolle über der primären unzweckmässig, weil durch einfaches Herausziehen des Eisenkernes der secundäre Inductionsstrom nicht hinreichend abgeschwächt werden kann. Inductionsapparate, die somit keine bewegliche Secundärrolle haben, sind zu allen wissenschaftlichen Untersuchungen untauglich.

Dem Gesagten zufolge dürfen aber auch die Drahtrollen nicht zu klein sein, und sind alle Taschenapparate, sowie sonstige liliputanische Constructionen von Inductionsapparaten sowohl zu diagnostischen, als auch zu allen anderen wissenschaftlichen Untersuchungen, sowie zur therapeutischen Verwendung ganz werthlos.

Aus diesen Gründen müssen also die beiden Drahtrollen eine bestimmte Grösse besitzen und sollten wenigstens die zu diagnostischen Untersuchungen oder zu wissenschaftlicher Verwerthung benutzten Inductionsapparate vergleichbare Resultate liefern. Denn auch die Angabe des Rollenabstandes in Millimetern entspricht bei differenten Apparaten ganz verschiedenen Werthen, umsomehr, als nicht einmal bei einem und demselben Inductionsapparate die Intensitätsschwankungen proportional den Rollenabständen verlaufen. Es nimmt allerdings die Stromstärke des secundären Inductionsstromes bei Verringerung der Rollenabstände zu, allein nicht etwa umgekehrt proportional den Abständen selbst, sondern nach sehr verwickelten und bei verschieden gearbeiteten Apparaten überdies noch nach ganz verschiedenen Verhältnissen. Immer ist die Zunahme der Stromstärke des secundären Inductionsstromes im Bereiche der grösseren Rollenabstände eine langsamere, im Bereiche geringerer Rollenabstände eine schnellere.

Deshalb wurde schon mehrfach eine absolute Calibrirung der Stromstärke, welche die Inductionsrollen liefern, empirisch auszuführen versucht, und Professor Dr. Christiani*) hat sogar theoretisch eine Methode angegeben, das elektrische Potential zweier Spiralen aufeinander praktisch so zu messen, dass man die Stärke oder Leistungsfähigkeit eines beliebigen Inductionsapparates in absolutem Masse ganz genau angeben könne.

---

*) Christiani über absolute Graduirung elektrischer Inductionsapparate in *Pogg. Ann.* Ergzsbd. VIII, 1878, pag. 556 ff.

Es sollten somit zu rein wissenschaftlichen Zwecken nur nach absolutem Masse graduirte Inductionsapparate verwendet werden, bei denen dann die Angabe des Rollenabstandes genügt, oder aber es muss bei jedem Inductionsapparate ausserdem noch die Länge und Circumferenz der beiden Spiralen, ihre Drahtlängen und Dicken, die Anzahl der Windungen, der Widerstand beider Spulen und die Stromstärke der verwendeten galvanischen Elemente angegeben werden.

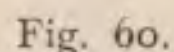
Nachdem nun auch jene Momente, auf die es bei der Construction von Inductionsapparaten speciell ankommt, erörtert wurden, sollen in Folgendem nur einige wenige Ausführungen dieser Principien besprochen werden, und kann hier nicht etwa die Rede davon sein, alle bisher von den verschiedensten Firmen für ärztliche Zwecke construirten Inductionsapparate zu behandeln.

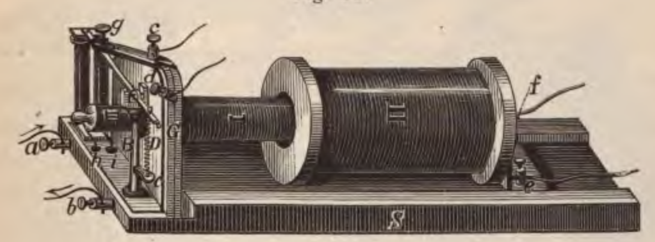
Als das Muster aller Inductionsapparate für ärztliche Zwecke ist der

du Bois Reymond'sche Stiftenmagnetelektromotor,

auch kurzweg der du Bois'sche Schlittenapparat genannt, in Fig. 60 abgebildet: Mit einem horizontalen Brette *S* ist das verticale Brettchen *G* zur Aufnahme der Klemmschrauben *c* und *d*, sowie des Metallbalkens für die Contactschraube *g* verbunden; an dem verticalen Brettchen *G* ist die primäre Spule *I* befestigt, in die *von aussen* das Drahtbündel *III* geschoben werden kann.

Die secundäre Spule *II* ist an einem kurzen horizontalen Holzbrettchen festgemacht, welch' letzteres in einer Nuht des Brettes *S* wie ein Schlitten vor- und rückwärts geschoben werden kann. Die Poldrähte des Batteriestromes werden mit den Klemmschrauben *a* und *b* verbunden Ist *a* die *An.* des inducirenden Stromes, so kreist derselbe von *a* durch *h* zunächst um die beiden Schenkel des Elektromagneten *E*, um bei *i* in den Ständer *B* und durch diesen auf den Hebel *F* und in die Contactschraube *g* überzugehen, von da in die primäre Spule *I*


Fig. 60.



einzutreten und, nachdem er die Windungen derselben durchflossen hat, durch die Klemmschraube *b* zur Batterie zurückzukehren. Der Anfang des Drahtes der primären Spirale ist durch eine Nebenleitung auch noch mit der Klemmschraube *c* und das Ende dieses Drahtes auf dieselbe Weise mit der Klemme *d* für den Extracurrent verbunden. Die Drahtenden der secundären Spirale *II* stehen mit den Klemmen *e* und *f* in Verbindung. Der Neef'sche Hammer besteht aus dem Elektromagneten *E* und dem Anker *A*, der an dem starren Metallhebel F *festgenietet ist.* Dieser Metallhebel F ist zwischen

Spitzen in dem oberen gabeligen Ende des Ständers *B* beweglich und wird durch die Spiralfeder *D*, welche mittels der Schraubenmutter *C* angespannt oder nachgelassen werden kann, an den Contactpunkt der Schraube *g* gedrückt. Hiedurch wird der Batteriestrom geschlossen und der Elektromagnet *E* in Thätigkeit gesetzt, welcher den Anker *A* anzieht und den Strom in der bekannten Weise unterbricht. Nach dem Aufhören des Magnetismus in *E* wird der Neef'sche Hammer *F* durch den Zug der Spiralfeder *D* abermals mit dem Contactpunkte *g* in Berührung gebracht etc.

Derartige Schlittenapparate werden in Wien vom Instrumenten-Fabrikanten Josef Leiter, sowie von der Firma Mayer & Wolf in vorzüglicher und ganz verlässlicher Ausführung gefertigt.

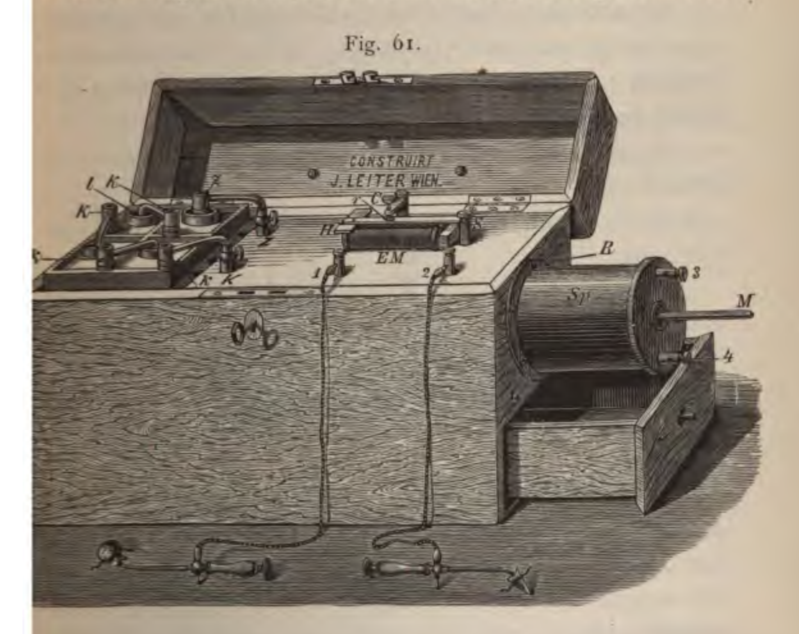
Jede der beiden Firmen liefert überdies noch du Bois-Reymond'sche Apparate in Kästchen sammt den dazu gehörigen Elementen und Nebenapparaten, sowie Inductionsapparate eigener Construction.

Fig. 61 zeigt den grossen, transportablen Inductionsapparat von Leiter mit Elementen und allen Nebenapparaten in einem Mahagonikästchen bequem und sicher untergebracht.

E M ist der horizontale Elektromagnet, *H S* der Wagner'sche Hammer, *r* das Platinscheibchen am Hebel desselben und *C* die Contactschraube. Links sind vier Leiter'sche Braunsteinelemente untergebracht, *k* sind die Kohlenpole, *z* die Zinkpole, *l* die innen wohl ge-

schliffenen Oeffnungen der schlitzwandigen Hartgummidiaphragmen, welche durch Verreibung mittels eines Hartgummideckels luftdicht verschliessbar sind. Zwischen der Batterie und dem Inductionsapparate sind die Löcher zum Versorgen der Zinke für den Fall des Nichtgebrauches

Fig. 61.



sichtbar. Von den Klemmen 1 und 2 wird der primäre, von den Klemmen 3 und 4 der secundäre Inductionsstrom abgeleitet. Die secundäre Spule *Sp* ist aussen von einem Hartgummicylinder umgeben, der eine Millimetereintheilung trägt. Der Eisenkern kann mittels des Stieles *M* verschoben werden; das Schubfach unter der secundären Spirale dient zur Aufbewahrung der Leitungs-

schnüre und Rheophoren. Wird der Ring R abgeschraubt, so kann die secundäre Spirale ganz herausgezogen und die Holzplatte, welche den Neef'schen Hammer und die Klemmen 1 und 2 trägt, sammt der primären Rolle herausgenommen werden.

Leiter stellt derlei Inductionsapparate für ärztliche Zwecke in gleicher Ausführung in drei verschiedenen Grössen als grosse, mittlere und kleine Inductionsapparate her.

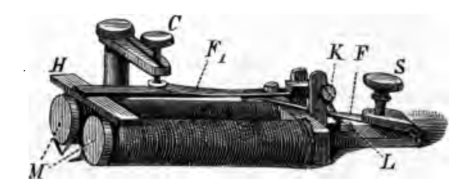
Dagegen ist er von der Herstellung aller sogenannten Taschenapparate abgekommen, die weder für wissenschaftliche noch für therapeutische Zwecke verwendbar sind.

Ausser der bei $HEMS$ dargestellten einfachen und zumeist gebräuchlichen Form des Neef'schen Hammers hat Leiter noch eine andere zur Regulirung der Intermissionen desselben ausgeführt, die statt der ersteren leicht am Inductionsapparate angebracht werden kann.

Diese Ausführung des Neef'schen Hammers, von der schon auf den vorigen Seiten die Rede war, ist von der Einrichtung der Regulirbarkeit mittels einer am Hinterende des Hebels angebrachten Spiralfeder verschieden; denn diese feine Spiralfeder aus dünnem Drahte unterliegt sehr leicht einer Dehnung oder Zerrung, wodurch sie absolut unbrauchbar wird, herausgenommen, kürzer gemacht oder gegen eine neue vertauscht werden muss, was jedenfalls mindestens nicht sehr bequem ist, und weshalb auch die meisten Fabrikanten von Inductorien zu ärztlichen Zwecken von der Anbringung dieser *Regulirfeder* abgekommen sind.

Um nun den Vortheil der Regulirung der Intermissionen des Unterbrechers auszunützen und den Nachtheil der Verwendung dünner Drahtspiralen zu umgehen, hat Leiter den Hebel des Wagner'schen Hammers (Fig. 62) aus einem starren Metallstabe gefertigt und denselben an seinem hinteren Ende K zwischen Spitzen leicht beweglich eingerichtet. Dieser starre einarmige Hebel wird durch eine starke, nach aufwärts gebogene Stahlfeder F, deren Angriffspunkt zwischen seinem Dreh- und Contactpunkte sich befindet, nach aufwärts gegen die Contactspitze gedrückt (Hebefeder). Das hintere

Fig. 62.



Ende derselben ist an einem Metallstücke festgemacht, welches durch ein Charniergelenk mit einer fixen Metallplatte beweglich verbunden ist. Von letzterer geht bei L die Leitung des durch den Neef'schen Hammer circulirenden Stromes ab. Wird nun die Schraube S zugedreht (niedergeschraubt), so nähert sich das bewegliche Metallstück dem fixen, die Hebefeder F wird hiedurch tiefer gestellt, der Anker des Neef'schen Hammers kommt dem Elektromagneten M näher zu stehen, die Contactschraube C muss herabgelassen werden und die Intermissionen erfolgen jetzt sehr schnell. Wird jedoch die *Schraube* S *aufgedreht* (emporgeschraubt), so wird

die Hebefeder höher gestellt, die Contactschraube *C* muss auch emporgedreht werden, und nun erfolgen die Schläge viel langsamer, ja nach der Regulirung, selbst einzeln zählbar, auf einander. Das Contactplättchen aus Platin ist übrigens nicht unmittelbar am Hebel, sondern an einer kleinen, nach aufwärts gebogenen Stahlfeder *F*, befestigt, wodurch die Empfindlichkeit des Wagner'schen Hammers noch mehr vergrössert wird.

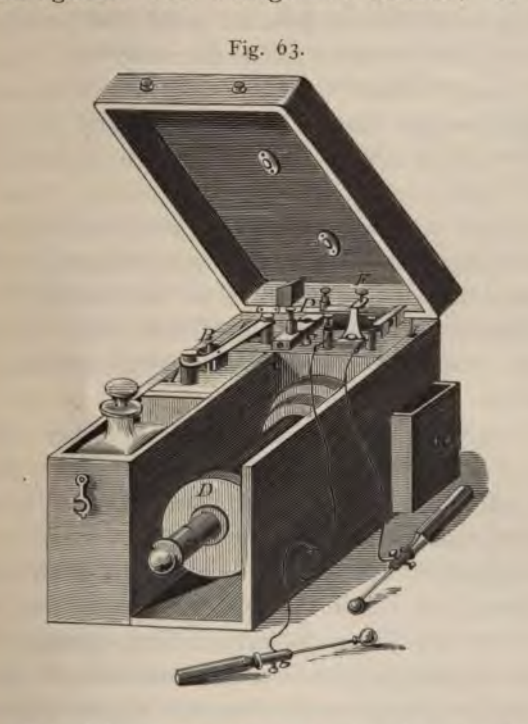
Mayer & Wolf verfertigen ebenfalls Inductionsapparate theils eigener Construction, theils nach dem bekannten Modelle Dr. Spamer's, bei welch' letzterem jedoch die Stromesregulirung leider nur durch Verschiebung des Eisenkernes vorgenommen werden kann. Für rein praktische Zwecke mag sich dieser Apparat immerhin eignen, da er sammt Elementen und Elektroden in einem kubischen Kästchen von 12 cm Seitenlänge untergebracht, daher sehr leicht transportabel ist.

Besser als der Spamer'sche Inductionsapparat sind die von Mayer & Wolf gefertigten du Bois Reymond'schen Inductionsapparate, die mit Elementen und Elektroden in einem Kästchen untergebracht werden, wie Fig. 63 einen solchen darstellt, an dem sowohl die secundäre Spirale *D* als auch der Eisenkern *C* beweglich ist und allwo durch Stöpselung am Umschalter bei *P* der primäre und bei *S* der secundäre Inductionsstrom eingeschaltet wird.

Schade nur, dass das verwendete Element ein Kaliumbichromatlösungselement ist. Für den Transport wird die Elementöffnung durch einen Kautschukstöpsel verschlossen.

Als Novität hat Dr. Th. Stein in Frankfurt a. M.
nen Taschenapparat in des Wortes wahrster Be-
eutung construirt und patentirt, der einfach aus zwei
lektrodengriffen von Hartgummi besteht, in deren

Fig. 63.



nem das Chromsäureelement, in dem anderen da-
egen die Drahtrolle mit dem Unterbrechungsapparat
ntergebracht ist. Die beiden Handgriffe tragen zugleich
heophoren, und wird der Apparat durch eine Wendung
es einen Handgriffes, der das Element enthält, in
hätigkeit gesetzt. Die Stromesregulirung erfolgt durch

Verschiebung einer dämpfenden Metallhülse. Für wissenschaftliche Zwecke ist dieser Apparat ganz werthlos und auch zu praktischen Zwecken kaum brauchbar.

In derselben Weise könnten wohl 100 verschiedene mehr oder weniger abweichende Constructionen angeführt werden, die in ihren Grössen von den unbrauchbaren Taschenapparaten bis zu unnöthig grossen Inductorien, in ihrer sonstigen Einrichtung aber in den, anfangs dieses Capitels angegebenen Richtungen variiren. Jeder Constructeur und Fabrikant setzt einen gewissen Stolz darein, eine geringfügige Neuerung oder gut gemeinte Verbesserung anzubringen. Der Werth eines für ärztliche Zwecke verwendbaren Inductoriums lässt sich indes nach den eingangs erörterten allgemeinen Gesichtspunkten leicht beurtheilen.

Ruhmkorff'sche Inductorien sind bisher zur localisirten Faradisation noch nicht verwendet worden, hauptsächlich weil sie wegen ihrer grossen Spannung sehr schmerzhafte Ströme liefern.

Dagegen wurden mehrfach über Anrathen und auf Empfehlung von Dr. Th. Clemens der Extracurrent allein in der Heilkunde in Verwendung gezogen, unter Anderen beispielsweise von Dr. Klaamann in Luckenwalde, der bei Krüger in Berlin einen Extrastromapparat fertigen liess, dessen Spirale aus 1980 Windungen eines 1 mm dicken Kupferdrahtes bestand. Als Stromesquelle wurden hiebei 20 nebeneinander geschaltete Siemens-Halske'sche Elemente verwendet und die Regulirung der Stromesintensität durch Verschiebung eines Eisenkernes bewerkstelligt.

Was den supponirten Unterschied zwischen der physiologischen Wirkung des primären und secundären Inductionsstromes indes anbelangt, verweise ich auf das weiter oben hierüber Gesagte.*)

Unter anderen, ganz eigenthümlichen Apparaten verwendet Clemens noch seine sogenannten Spiralenbatterien. Im Principe beruhen sie darauf, dass in eine Drahtrolle, welche schon von einem constanten Strome durchflossen ist, noch ein inducirter Strom eingeführt wird.**)

Um eine beliebige Stärke und Stromesrichtung verwenden zu können, hat Clemens Drahtrollen mit doppelter Windung construirt, eine für den constanten und eine für den inducirten Strom. Zwölf solcher Spiralen liegen in einem Kasten als Spiralenbatterie beisammen.

Zum Schlusse sei noch des grössten, bisher construirten Inductionsapparates erwähnt, der zwar nicht für medicinische Zwecke gebaut wurde, wegen seiner Leistungsfähigkeit indes bemerkenswerth ist und als Gegenstück zu den in der Heilkunde ebenfalls unbrauchbaren Taschenapparaten dienen soll. Es ist dies der Inductionsapparat von Spottiswood, der auf der Pariser elektrischen Ausstellung zu sehen war, die Grösse eines kleinen Pferdes hatte und dessen In-

*) Leiter fertigt viel handlichere derartige Inductionsapparate mit nur primärem Strome an

**) Die physiologische Grundlage für die Wirkung dieser Spiralenbatterie sucht Clemens darin, dass der eine Strom elektrotonisirend, der andere erregend wirken solle, zu erklären.

ductionsspule einen 450 Km langen Draht enthielt. Wurde dieser Apparat mit 30 Grove-Elementen in Thätigkeit gesetzt, so gab er Funken von 1·066 m Länge. Mit einer dynamoelektrischen Maschine, statt der 30 Grove-Elemente armirt, würde dieses Inductorium alle bisher erdachten Reibungs- und Influenzelektrisirmaschinen, Leydnerflaschen und Condensatoren, galvanische Batterien und Inductionsspulen an elektrischer Spannung übertreffen.

IX.

Rotationsapparate.

Also werden die in der Heilkunde verwendeten magnetelektrischen Inductionsapparate bezeichnet. Eigentlich gehört ihre medicinische Benützung mehr der Geschichte, als der Gegenwart an, da sie heutzutage durch die selbstthätigen voltaelektrischen Inductionsapparate fast vollständig verdrängt wurden. Die ersten therapeutischen Erfahrungen mit der Inductionselektricität wurden indes ausschliesslich an diesen Apparaten gesammelt, und stehen hie und da einzelne derselben noch heutzutage in Verwendung, andererseits haben diese Apparate nach meiner Ansicht auch für die Elektrotherapie noch eine Zukunft, aus welchem Grunde dieselben hier nicht ganz übergangen werden dürfen.

Das Princip der Magnetoinduction wurde bereits im vorhergehenden Capitel erörtert: entsteht oder ver-

geht in der Nähe eines geschlossenen guten Leiters der Elektricität Magnetismus, oder schneidet ein solcher geschlossener guter Leiter magnetische Kraftlinien, so werden hiedurch in demselben in ihrer Richtung wechselnde Momentanströme inducirt. Dieses Princip wurde bereits 1824 von Arago entdeckt, aber erst 1831 von Faraday verwerthet, der die erste magnetoelektrische Maschine baute.

Der erste, in der Heilkunde verwendete Rotationsapparat wurde im Jahre 1832 von Pixii hergestellt. Seither wurden mancherlei Verbesserungen und Modificationen von Saxton 1833, Clarke 1836, Petřina 1844, Stöhrer 1844 und in neuerer Zeit unter Anderen von Siemens-Halske, Duchenne, Gaiffe, Palmer und Hall in Boston, Davis und Kidder in New-York etc. an diesen Apparaten vorgenommen.

Ein derartiger Rotationsapparat besteht aus 3 Theilen, nämlich aus dem permanenten Magneten, dem geschlossenen guten Leiter, gemeiniglich Armatur oder Inductor genannt, und der Ableitung.

Die einfachste Ausführung des Inductors besteht aus einem **U**-förmig gebogenen zweischenkeligen Eisenkern (der auch aus zwei durch ein Querstück verbundenen Theilen bestehen kann), auf dessen Schenkeln die Inductionsrollen aufgesteckt sind. Von den Enden der mit einander leitend verbundenen zwei Inductionsrollen findet die Ableitung statt, und wird entweder bei stabilem Inductor der permanente Magnet vor den Eisenkernen rotirt, oder aber ist umgekehrt der Magnet fix und rotiren die Schenkel des Inductors vor, zwischen oder über den Magnetpolen.

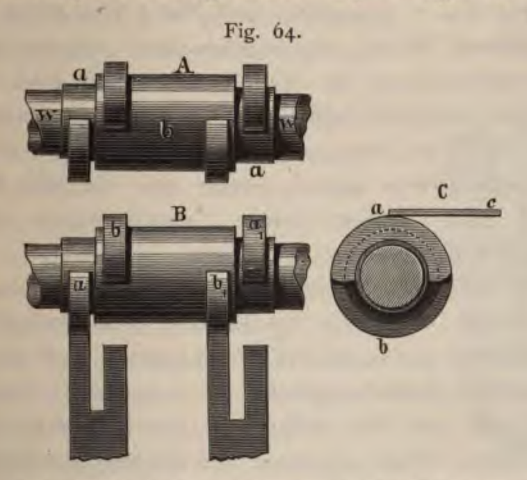
Die rotirende Bewegung des Hufeisenmagnetes oder des Inductors geschieht durch Uebertragung einer Kurbelbewegung auf eine mit den Schenkeln des Magneten oder des Inductors parallel verlaufende Welle, mit welcher der Magnet oder das Querstück des Inductors unverrückbar verbunden wird.

Bei dem ältesten von Pixii construirten Rotationsapparate war der Inductor feststehend, die beiden Enden der Drahtspiralen waren mit Ableitungsklemmen versehen und unter dem Inductor rotirte der Hufeisenmagnet um eine mit seinen Schenkeln parallele verticale Axe. Da an den Eisenkernen abwechselnd bald der Nordpol, bald der Südpol des permanenten Magneten vorbeikam, wurden in den Inductionsrollen Wechselströme erregt, die einen bedeutenden physiologischen Effect hervorriefen, da nicht nur die Stromesunterbrechung, sondern zugleich auch Stromeswechsel (*V. A.*) stattfand.

Bei allen späteren Modificationen ist der (zumeist aus mehreren Lamellen bestehende) permanente Magnet fix, und wird der Inductor vor den Magnetpolen oder senkrecht über oder zwischen denselben rotirt. Hiebei wird das eine Drahtende der Inductionsspulen mit der Metallwelle leitend verbunden, während das zweite Drahtende an einen auf der Welle isolirt aufsitzenden Metallring geleitet wird. Die Ableitung geschieht hiebei durch zwei mit Leitungsklemmen verbundene Metallfedern, Collectoren genannt, von denen die eine auf der Welle, die andere auf dem isolirten Ringe schleift. Statt dieses Collectors kann auch ein Gyrotrop verwendet werden. Auch diese Einrichtungen der Ableitung liefern Wechselströme.

Erst Stöhrer gelang es, durch Construction eines eigenen Commutators gleich gerichtete Ströme von seinem Rotationsapparate abzuleiten. Dieser Commutator besteht aus zwei Metallhülsen *a* und *b* (Fig. 64 *A*), von denen *a* unmittelbar an der Welle befestigt ist, *b* dagegen über *a* geschoben und von derselben durch eine Isolirungsschicht getrennt ist; *a* ragt beiderseits

Fig. 64.



hervor, und trägt jede dieser zwei Metallhülsen je zwei Metallhalbringe, welche an die Hülsen angelöthet sind. Jede Hülse ist mit je einem Drahtende der Inductionsrollen verbunden. Auf diesen 4 Halbringen schleifen 2 gabelig gespaltene Metallfedern *a* und *b* (Fig. 64 *B*), deren jede mit einer Klemmschraube für die Poldrähte in Verbindung steht. Fig. 64 *C* zeigt diesen Commutator im Durchschnitt.

Durch jede halbe Umdrehung werden Wechselströme inducirt; wären die Federn *a* und *b* nicht ge-

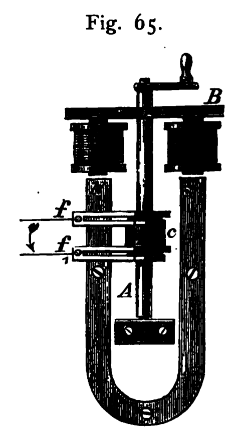
spalten und die 4 Halbringe nicht vorhanden, sondern würde die Feder *a* auf der Hülse *a* und die Feder *b* auf der Hülse *b* schleifen, so würde bei der ersten Halbdrehung beispielsweise *a* den positiven und *b* den negativen Pol ableiten, bei der nächsten Halbdrehung aber umgekehrt *b* mit dem positiven und *a* mit dem negativen Pole in Verbindung stehen. Dadurch aber, dass die Federn *a* und *b* gespalten, und die 4 Halbringe in der angegebenen Weise angebracht sind, schleift bei der ersten Halbdrehung die längere Hälfte der Feder *a* auf *a*, bei der nächsten Halbdrehung die kürzere Hälfte derselben auf *b*, so dass also hier immer der positive und auf gleiche Weise von *b* immer der negative Pol abgeleitet wird. Damit keine Unterbrechung eintrete, greifen die 4 Halbringe etwas übereinander.

Fig. 65 zeigt den Stöhrer'schen Apparat von oben her gesehen. Derselbe besteht aus dem horizontal fix angebrachten hufeisenförmigen Magneten, der aus 5 bis 7 Lamellen zusammengesetzt ist, vor dessen Polen vermittels der mit den Schenkeln des Magneten parallel verlaufenden Welle *A* durch die Kurbel die beiden Inductionsrollen *B* sammt dem Commutator *c* rotirt werden können. Ist *N* der Nordpol und *S* der Südpol, so wird die den Inductionsrollen nähere Commutatorfeder *f* den positiven und die von den Inductionsrollen entferntere f_1 den negativen Pol ableiten.

Ausser diesem **U**-förmigen Inductor, dessen Eisenkerne entweder, wie beim Stöhrer'schen Apparate, in der Verlängerung der Magnetschenkel oder senkrecht zu diesen angebracht werden können, stehen noch andere in Gebrauch. So hat z. B. Siemens, um das magnetische

Feld besser auszunützen, als es mit dem früheren möglich ist, einen Cylinderinductor (Cylinderarmatur) construirt, welcher aus einem langen Cylinder aus weichem Eisen besteht, der seiner Länge nach an zwei diametral entgegengesetzten Seiten rinnenförmig ausgehöhlt ist, in welchen Aushöhlungen die Drahtwindungen liegen. Dieser Cylinderinductor rotirt zwischen den Schenkeln mehrerer Magnete, die an dieser Stelle halbkreisförmige Ausschnitte zur Aufnahme desselben besitzen.

Fig. 65.



1860 hat Professor Pacinotti in Florenz einen nach ihm benannten ringförmigen Inductor construirt, der aus einem Ringe aus weichem Eisen besteht, um welchen die Inductionsspirale gewunden ist. Auch dieser Pacinotti'sche Ring rotirt wie der Siemens'sche Cylinderinductor zwischen den entsprechend ausgehöhlten Schenkeln des hufeisenförmigen Magneten. Die von ihm gelieferten Ströme sind gleichgerichtet, während der hufeisenförmige, sowie der Cylinderinductor Wechselströme erzeugt, die erst durch einen Commutator gleichgerichtet werden müssen.

Nach diesen Principien lassen sich die Magneto-Inductoren verschiedentlich eintheilen, und zwar nach der Art der Ströme (in solche mit gleichgerichteten oder mit Wechselströmen), nach der Art der Armaturen etc.

Derlei Apparate haben den Vortheil, dass sie jederzeit einen Strom liefern, ohne dass man Elemente zu

füllen oder zu entleeren brauchte. Man kann ferner durch Anbringung von Rollen mit dünnem Drahte die Spannung vergrössern, dagegen durch Rollen mit dickem Drahte selbst thermische und chemische Effecte erzielen, kurz gesagt, es gestatten derlei Apparate die Elektricität sowohl nach Art der Inductionselektricität, als auch analog dem constanten Strome zu verwenden.

Aber es haben diese Apparate auch ihre Nachtheile: vorerst sind sie keine selbstthätigen Inductorien, wie die voltaelektrischen, sondern erfordern eine bewegende Kraft, welche eben hier in Elektricität umgesetzt wird. Deshalb führen diese Apparate auch den Namen Rotationsapparate. Zur Bewegung dieser Maschinen ist ein Assistent nöthig, da der Arzt die Hände frei haben muss; aber auch ein Assistent ermüdet, wenn die Untersuchung längere Zeit andauert, so dass man zur Ingangsetzung des Apparates selbst irgend einen Motor verwenden müsste. Ferner lassen sich diese Ströme nur zeitlich, aber nicht auch in Beziehung auf ihre Intensität hinreichend modificiren, wohl kann man durch Annäherung und Entfernung des Inductors vom Magnete, durch Anlegung von Ankern etc. den Strom etwas modificiren; aber dies reicht bei kleineren Apparaten nicht hin, ist umständlich und gelingt kaum bei grösseren Apparaten mit vielen Magneten, welche aber wieder zu kostspielig sind, so dass die bisher in Verwendung gestandenen Inductorien dermalen nur mehr sporadisch und lediglich von Liebhabern benützt werden. Sache der Elektrotechniker wird es sein, diese Apparate so abzuändern, dass sie wieder ihren ehemaligen Platz oder einen *noch* besseren in der Elektrotherapie einnehmen.

X.

Galvanokaustik.

Schon zu Anfang dieses Jahrhunderts war es bekannt, dass dünne Drähte, in den Stromeskreis einer Elektricitätsquelle eingeschaltet, erglühen. In den hydroelektrischen Ketten und Säulen ist chemische Thätigkeit die Ursache der Elektricitätserregung, und Wärmeerzeugung die nächste Stromarbeit. In jedem Elemente tritt Erwärmung ein, und zwar eine desto grössere, je grösser der Widerstand in der Kette selbst oder im Schliessungsbogen ist. Mit der Wärmezunahme geht zugleich ein vermehrter Zinkverbrauch Hand in Hand. Helmholtz fand, dass die gesammte Wärmemenge, die innerhalb eines geschlossenen Elementes auftritt, jener Wärme gleich ist, der die chemische Action in der Kette entspricht, und Joule stellte auf Grund zahlreicher Versuche und Berechnungen das Gesetz auf, dass die in einem Elemente gebildete Wärme sich auf verschiedene Theile desselben, im Verhältnisse der Widerstände, vertheile und die in einem Elektricitätsleiter auftreten Wärme dem Widerstande desselben und dem Quad

der Stromstärke proportional sei. Schaltet man dementsprechend einen dünnen Platindraht in den Schliessungsbogen einer grossplattigen Säule ein, so wird derselbe erglühen. Selbstverständlich wird die Glühwirkung eine desto intensivere sein, je grösser erstens die Stromstärke ist und je grösser zweitens der Widerstand, also je dünner der Platindraht ist.

Ehe noch diese Gesetze aufgestellt werden konnten, haben schon Récamier und Pravatz als die ersten die glühende Platinschlinge zu chirurgischen Operationen herangezogen. Heider in Wien hat auf Anregung des Münchner Physikers Steinheil weitere Versuche in dieser Richtung angestellt. Desgleichen haben sich Amussat, Crusell, Marshall, Nélaton, Sedillot etc. mit diesem Gegenstande beschäftigt.

Aber erst Albrecht Middeldorpf hat die Galvanokaustik zu einem eigenen selbständigen Zweige der operativen Chirurgie ausgebildet und in der kurzen Zeit seines Lebens dies Gebiet auf eine so hohe Stufe der Vollendung gebracht, dass die Nachfolger kaum etwas wesentlich Neues hinzuzufügen vermochten. In der Gegenwart beherrscht V. v. Bruns in erster Richtung dieses Gebiet.

Was die Wirkungen des glühenden Platindrahtes anbelangt, so sind sie eigentlich den Wirkungen des in der Chirurgie in Verwendung stehenden Glüheisens gleichzustellen; doch hat die Galvanokaustik vor dem Glüheisen mancherlei Vortheile. Das Glüheisen muss beispielsweise in eine Körperhöhle glühend eingeführt werden, und ist es absolut unmöglich, die Wirkungen der strahlenden Wärme, sowie oft nicht einmal directe Ver-

brennungen der benachbarten Weichtheile vollständig auszuschliessen, wogegen der Platindraht oder die Platinschlinge kalt eingeführt, durch den Stromesschluss an der betreffenden Stelle erglühen gemacht und kalt entfernt wird. Es ist also hiebei die Wirkung der strahlenden Wärme gar nicht in Betracht zu ziehen. Andererseits kann man mit der Platinschlinge selbst dort noch ganz bequem operiren, wohin man mit dem Glüheisen absolut nicht gelangen könnte. Des Ferneren lässt sich die Glühwirkung der Platinschlinge noch mit der mechanischen Leistung einer Ligatur vereinigen und beispielsweise Neugebilde oder sonst zu entfernende Körpertheile mittels einer Platinschlinge abschnüren und zugleich cauterisiren, was ebenfalls mittels des Glüheisens nicht möglich ist. Bei der galvanokaustischen Abschnürung ist es überdies sogar möglich, fast mit Vermeidung jeder Blutung zu operiren, wofern man nur die entsprechenden Vorsichtsmassregeln des langsamen Operirens und der Vermeidung der Weissglühhitze nicht ausseracht lässt. Fügt man noch hinzu, dass die Vorbereitungen zur Galvanokaustik bei Vorhandensein der nöthigen Apparate bequemer und für den zu Operirenden jedenfalls in minder abschreckender Weise vorgenommen werden können, so wird man aus dem Gesagten leicht den Werth dieses neuen Zweiges operativer Chirurgie ermessen können.

Zur Vornahme galvanokaustischer Operationen ist vor allem eine für geringen äusseren Widerstand eingerichtete (grossplattige) Säule oder eine sonstige er

sprechende Elektricitätsquelle, ferner eine Vorrichtung, welche die Stromstärke, somit auch die Glühwirkung zu reguliren gestattet (Rheostat), sodann eine Einrichtung, die die Einschaltung verschieden geformter Platindrähte und Schneideschlingen ermöglicht (Einschaltungsgriff), sowie verschiedene Polenden (Brenner und Schlingen) nöthig.

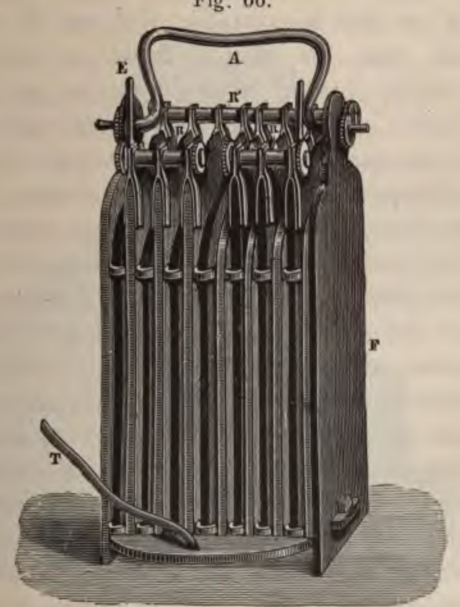
1. Batterien für galvanokaustische Zwecke.

Ueber die für galvanokaustische Zwecke geeigneten Batterien, sowie über die übrigen hiezu nöthigen Apparate hat Dr. Victor von Bruns, Professor der Chirurgie in Tübingen, in seinem classischen Werke: »Die galvanokaustischen Apparate und Instrumente, ihre Handhabung und Anwendung, Tübingen 1878« die Resultate langjähriger mit deutscher Gründlichkeit und Gediegenheit durchgeführter Studien niedergelegt, auf welches Werk Jedermann, der sich hierüber des Näheren belehren will, hiemit verwiesen sei. Bruns vergleicht die einzelnen Batterien nach dem Grade der Glühwirkung, nach deren Gleichmässigkeit, Dauer, Zuverlässigkeit, sowie nach der Schnelligkeit des Eintretens derselben. Zu diesem Zwecke schaltet er genau abgemessene Längen verschieden dicker Platindrähte ein und unterscheidet 4 Abstufungen der Glühwirkung, je nachdem die Drähte dunkelroth, hellroth, gelb und rein weiss glühend erscheinen. Die Resultate dieser Untersuchungen ergeben unter anderem, dass auch hier die Kaliumbichromatlösungselemente in ihrer Wirkung unzuverlässig sind, wenn sie nicht mit besonderen Cautelen gehandhabt

werden, und dass Säulen aus Grove-, Bunsen- und Zinkeisen-Elementen denselben vorzuziehen sind.

Dass Grenet'sche Säulen überhaupt in der Galvanokaustik noch verwendet werden, ist dem Umstande zuzuschreiben, dass sie sich sehr leicht als Tauchbatterien

Fig. 66.



herstellen lassen, die vor den anderen den Vortheil haben, dass sich die Stromstärke derselben schon durch tieferes oder minder tiefes Eintauchen reguliren lässt, und dass sie wegen der Verwendung blos einer Flüssigkeit leichter zu handhaben sind. Selbstverständlich werden nur sogenannte pneumatische Säulen dieser Art verwendet, bei denen es durch Handhabung des Gebläses

möglich ist, die Polarisation nach Thunlichkeit hintanzuhalten.

Trouvé hat für galvanokaustische Zwecke eine Säule aus 2 grossplattigen Grenet'schen Ketten (Fig. 66) zusammengestellt, deren jede aus 3 Zink- und 3 Kohlenplatten besteht, welche innerhalb eines Hartgummirahmens *F* an den Metallstäben *R R* und *R'* derart befestigt sind, dass die Platten leicht aus einander genommen werden können. Weil die Platten sehr nahe aneinander stehen, sind sie oben und unten durch Gummiringe von einander isolirt. Da die beiden Elemente in ein Flüssigkeitsgefäss gestellt werden müssen, wird die Stromstärke bedeutend geringer sein, als wenn die zwei Elemente in zwei verschiedene Gefässe tauchen würden. Die beiden Stäbe *E* dienen zur Stromesableitung; das Rohr *T* ist mit dem Gebläse zu verbinden. Diese Elemente müssen jedoch peinlich gereinigt werden und sind nur für kleinere und ausschliesslich nur für kurz dauernde Operationen in ihrer Wirkung halbwegs zuverlässig.

Zweckmässiger ist die Leiter'sche Modification der Grenet'schen Säule (Fig. 67). Dieselbe besteht aus 4 Elementen, deren jedes 2 Kohlen- und 1 Zinkplatte enthält, welche in die (mit einem Schnabel zum Zwecke leichter Füllung und Entleerung versehenen) Hartgummizellen *B* eingetragen, und durch die in 5 Stücke getheilte metallene Verbindungssäule *V* zur Batterie vereinigt werden. Die an den Verbindungsstücken sichtbaren Schrauben stehen mit an der entgegengesetzten Seite angebrachten Zugklemmen in Verbindung, in welche die vierkantigen Ausleitungsstifte der Platten eingeklemmt werden. Diese Verbindung ermöglicht die sofortige

Entfernung jeder Platte und hindert die Berührung derselben untereinander. Von den Klemmen *K K* und *Z K* findet die Ableitung des Stromes statt. Durch die Kurbel *K S* kann mittels einer rasch ansteigenden Schraube, welche in einer zwischen den Elementzellen

Fig. 67.

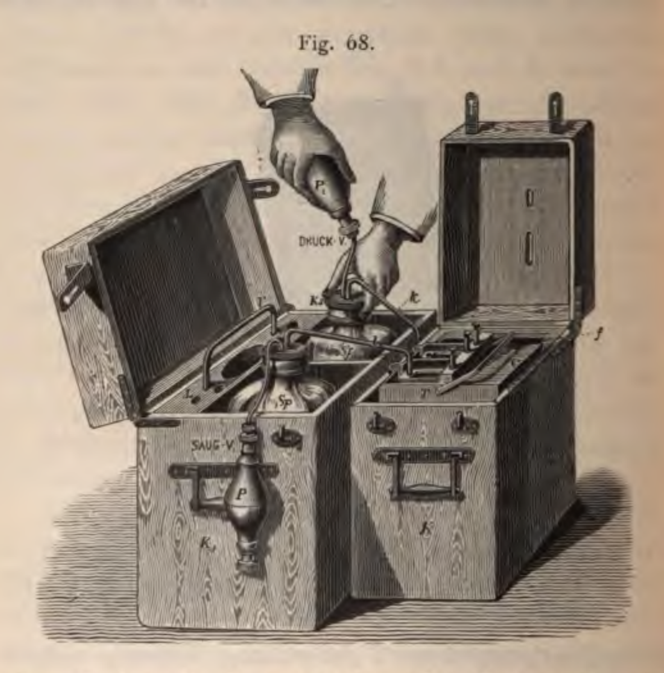


an der Hartgummitasse *T* befindlichen Führung verläuft, die ganze Säule rasch gehoben und gesenkt werden. Zur möglichsten Verhinderung der Polarisation dienen vier winkelig abgebogene Blasrohre, welche an ein Verbindungsstück angebracht sind, das einen Ansatz *B L* für einen Kautschukschlauch enthält, durch welchen mittels eines Gummiballons Luft in jede Zelle eingeblasen werden kann.

Statt der zwei Kohlenplatten können auch zwei Byrne'sche Platinplatten (siehe S. 120) verwendet werden.

Viel verlässlicher und sowohl in der Dauer der Wirkung als auch in dem Effecte, ist allen Grenet'-

Fig. 68.

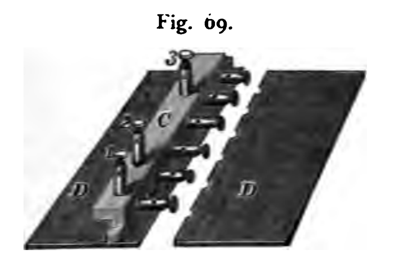


schen Säulen die Bunsen'sche oder Grove'sche vorzuziehen.

Leiter hat nach vieljährigen Versuchen die Bunsen-sche Säule so modificirt, dass sie einerseits sowohl leicht zu füllen, als auch leicht zu entleeren, andererseits aber auch transportabel ist und bei grosser Bequemlichkeit hinsichtlich der Manipulation mit derselben jede unlieb-

same Störung ausschliesst. Dieselbe besteht aus zwei Bunsen'schen Elementen, welche in einen zweizelligen Elementenbehälter *T* (Fig. 68) aus Hartgummi eingetragen sind. In der Mitte jeder Zelle befindet sich eine parallelopipedische Thonzelle, in welche die Kohlenplatten eingetragen werden, und zu beiden Seiten derselben je eine Zinkplatte. Der Elementenbehälter *T*, welcher mittels der Handhabe aus einem Eichenkasten *K* herausgehoben werden kann, ist durch einen aus zwei Hälften bestehenden Hartgummideckel *C*, welcher zugleich als Elemententräger dient, verschlossen. Soll die Batterie gefüllt werden, so werden zuerst die Zink- und Kohlenplatten an ihre Plätze gebracht, sodann die mit den Klemmen versehene Hälfte des Batteriedeckels (Fig. 69) aufgesetzt und die Ausleitungsstifte der Elementplatten vermittels der sechs horizontalen Klemmschrauben festgeklemmt, der Batterieschalter *C* verbindet die Platten zu zwei Ketten derart, dass von den verticalen Klemmen 1 und 2 der Strom eines Elementes, von 1 und 3 dagegen der Strom zweier Elemente abgeleitet werden kann. Sind die Platten in der angegebenen Weise verbunden, so wird die Batterie durch eine sehr bequeme Vorrichtung gefüllt. Hiezu dient der zweite Eichenholzkasten K_1, in welchem zwei grosse mit Salpetersäure (*Sp*) und mit Schwefelsäure (*Sf*) gefüllte Flaschen untergebracht sind, nebst der Gebläsevorrichtung, welche a

Fig. 69.

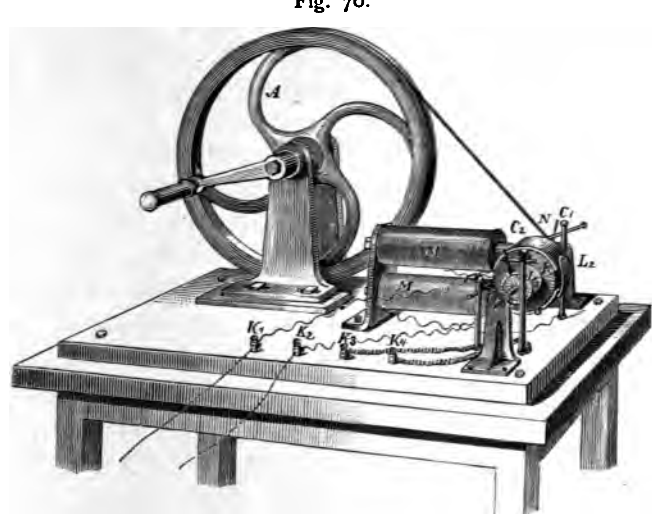


einem mit Druck- und Saugventilen (aus Platin) versehenen Gummiballon, einem Gummischlauch, einem Weichgummideckel und einem zweimal abgebogenen Glasrohre mit einem längeren und einem kürzeren Schenkel besteht. Hat man beispielsweise, wie in der Figur ersichtlich, den längeren Schenkel des Glasrohres in die mit verdünnter Schwefelsäure gefüllte Flasche *Sf* eingetragen, den Gummideckel *Ks* an den Flaschenrand angedrückt, den Gummiballon P_1 mit dem Druckventil angesetzt und comprimirt denselben, so wird die Flüssigkeit durch den kürzeren Schenkel *k* in die Hartgummizelle treten; auf gleiche Weise füllt man auch die Diaphragmen mit Salpetersäure. Will man die Flüssigkeiten entleeren, so trägt man den längeren Schenkel *l* der Glasröhre in die Elementzelle, den kürzeren in die Flasche ein, wie in der Figur zum Zwecke der Entleerung der Salpetersäure angedeutet, drückt den Weichgummideckel an den Flaschenrand, setzt den Ballon *B* mit dem Saugventile an und verdünnt die Luft im Glasgefässe, so wird die Flüssigkeit in dasselbe zurücktreten. Sind die Zellen entleert, so werden die Platten auseinandergenommen, abgespült, die Kautschuk- und Thonzellen ausgewässert, getrocknet und die Zinke in das Fach *f* des Kastens *K*, die Glasröhren der Gebläsevorrichtung in die Löcher *L* des Kastens K_1 eingestellt, und können so sicher aufbewahrt, sowie entweder in diesen Kästen oder zerlegt transportirt werden. Alle Ausleitungsstifte und Klemmencontacte bestehen entweder aus Platin oder sind mit Platin überzogen.

2. Gramme'sche Maschine für galvanokaustische Zwecke.

Ausser den galvanischen Elementen wurde auch die Gramme'sche Maschine, und zwar in der Ausführung von Baur in Stuttgart, unter Andern von Dr. Hedinger

Fig. 70.



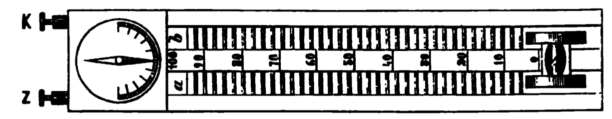
ebendaselbst zu galvanokaustischen Operationen verwendet. Die von Hedinger benützte Maschine ist für den Handbetrieb eingerichtet und erfordert die ganze Leistung eines starken Mannes.

Sie besteht aus dem fixen Elektromagneten (Fig. 70), innerhalb dessen Polenden N und S Pacinotti'sche Ringinductor R durch das Schw rad A in rotirende Bewegung versetzt wird. L_1 un

sind im Kreise gestellte Kupferstäbe, die mit den Drahtbündeln des Elektromagnetringes derart in Verbindung stehen, dass Drahtbündel und Stäbe eine geschlossene Spirale bilden. C_1, C_2, C_3 und C_4 sind Kupferdrahtpinsel, welche auf der aus den Kupferstäben gebildeten Walze schleifen und die Stromableitung zu den Polklemmen K_1, K_2, K_3 und K_4 besorgen. Die Drahtbündel der Vorderseite bestehen aus dünnem Drahte, jene der anderen Seite aus dickem Drahte, so dass dementsprechend von den Polklemmen 1 und 2 sogenannte »Quantitätsströme« zu Glühwirkungen, dagegen von den Polklemmen 3 und 4 sogenannte »Intensitäts-« oder »Spannungsströme«, analog jenen einer Batterie aus vielen kleinen Elementen, abgeleitet werden können. Der Strom, der durch die dickeren Drahtbündel kreist, geht indes, ehe er zu den Polklemmen 1 und 2 tritt, noch durch den stabilen Elektromagneten, da der Ständer C_1 mit dem Anfange der Drahtwindungen des Elektromagneten M in Verbindung steht, wogegen das Ende dieser Drahtwindungen zur Klemme K_1 geht. Der Ständer C_2 ist hingegen direct mit der Klemme K_2 verbunden. Werden die Klemmen K_1 und K_2 durch einen kurzen, dicken Kupferdraht in leitende Verbindung gebracht und man rotirt rasch, so wird infolge des remanenten Magnetismus in dem Ringinductor Elektricität erzeugt, welche aber durch die Drahtwindungen des stabilen Magneten gehend, dessen Magnetismus verstärkt und schon nach wenigen Rotationen das Maximum an Magnetismus und an Elektricität herbeiführt. Wird der Schliessungsbogen zwischen K_1 und K_2 entfernt und eine Platinschlinge *eingeschaltet*, so wird sie erglühen. Die Wirkung ist

gleich jener 4 frisch gefüllter Bunsen-Elemente, während die Wirkung der von den Klemmen K_3 und K_4 abgeleiteten Ströme einer Batterie von 40 Meidinger-Elementen äquivalent ist. — Für den Fall, als von den Klemmen K_3 und K_4 der Strom abgeleitet werden sollte, müssen K_1 und K_2 wieder durch einen starken kurzen Kupferdraht verbunden werden. — Wo Dampfkraft zu Gebote steht, wird eine derartige Maschine selbstverständlich alle anderen für medicinische Zwecke in Verwendung stehenden Elektricitätsquellen verdrängen.

Fig. 71.



3. Der Rheostat.

Die verschiedenartigen Rheostaten für diese Zwecke sind aus dünnen Neusilberdrähten gefertigt, welche Legirung unter den Metallen zu den schlechtesten Elektricitätsleitern gehört. Benützt man noch den Umstand, dass scharfe Knickungen in allen Drähten einen beträchtlichen Widerstand hervorbringen, so kann man auf verhältnismässig engem Raume zweckentsprechende Vorrichtungen zusammenstellen, die es gestatten, die Stromesintensität nach Bedarf zu reguliren. Fig. 71 zeigt einen derartigen Regulator von Böckel, Redslob und Streisguth, der aus zwei parallelen Scalen von scharf zickzackförmig abgebogenen Neusilberdrähten, die zu beiden Seiten der von 0 bis 100 g[illegible] Theilung

ersichtlich sind, besteht. Bei 100 stehen diese beiden Drähte mit dicken Kupferblechen *a b* in Verbindung, von denen Leitungen zu den Polklemmen *K* und *Z* gehen. Von einen Batteriepol und einer Rheostatklemme gehen Leitungsdrähte zum Einschaltungsgriff, während der andere Batteriepol mit der zweiten Rheostatklemme verbunden wird. Die Knickungswinkel beider Drähte sind durch 3 Holzleisten verdeckt, von denen 2 seitlich, die 3., mit der Scala versehen, in der Mitte angebracht sind. Auf dieser letzteren ist ein Kupferdoppelrad *A* über die Neusilberdrähte verschiebbar, welches einerseits den Strom schliesst, andererseits beliebige Drahtlängen einschaltet. Steht das Rad auf 0, so circulirt kein Strom, wird es gegen 100 vorgeschoben, so nimmt die Stromstärke zu. Die Graduirung ermöglicht nur eine annähernde Abschätzung der jeweiligen Stromstärke, die praktisch bestimmt werden muss. Handelt es sich um genaue Stromstärkebestimmungen, so kann noch ein für starke Ströme eingerichtetes Galvanometer, das nach absoluten Einheiten graduirt ist, eingeschaltet werden.

Middeldorpf hatte an seiner Batterie, entsprechend der Elementenzahl, Quecksilbernäpfchen, mittels welcher er durch starke Drahtbügel die Elemente verschiedentlich schalten konnte. Bruns benützt eine Modification des Böckel'schen Rheostaten.

4. Der Einschaltungsgriff.

Dieser Apparat ist aus einer isolirenden Substanz, Holz, Ebonit etc. gefertigt und enthält nebst den Polklemmen für die Batterie und den Klemmen, die zur Einschaltung der verschiedenen Ligaturröhren und

Brenner dienen, noch eine Unterbrechungsvorrichtung, um nach Bedarf den Strom schliessen und unterbrechen zu können. Ausserdem ist an dem Griffe noch eine Zugvorrichtung angebracht, welche das Zusammenziehen der Drahtschlingen ermöglicht. Fig. 72 *A* stellt einen derartigen Einschaltungsgriff Leiter'scher Construction, mittlerer Grösse, dar, wie er z. B. vorzugsweise zu Kehlkopfoperationen verwendet wird. *a* ist der Hartgummigriff, innerhalb dessen zwei voneinander isolirte Metalleitungen von *c c* bis *b b* gehen, allwo sie in den Klemmhülsen *j j* enden, in denen hier die Ligaturröhre *d* mit der Drahtschlinge bei *A* mittels der Klemmschrauben *jj* eingeklemmt sind. Bei *cc* steht eine von den isolirten Leitungen mit dem drehbaren Ringe *f* in Verbindung, die andere Leitung ist bei *c* unterbrochen und die Fortleitung an der drehbaren und verschiebbaren Röhre *g* angebracht. Wird diese Röhre mittels des Ringes *e* vorgeschoben, so berühren sich beide Enden dieser unterbrochenen Leitung und es findet Stromesschluss statt, mit *f* und *g* sind Klemmen für die Poldrähte der Batterie verbunden. In einem Schlitze dieses Griffes ist die Klemm- und Zugvorrichtung *h* verschiebbar, in welche hier die beiden Enden der Drahtschlinge z. B. bei *i* festgeklemmt sind. Wird nun diese Drahtschlinge um ein abzutrennendes Neugebilde gelegt und der Griff derart gefasst, dass der Daumen in den Ring *e* gesetzt, der Zeige- und Mittelfinger auf den Klemmschrauben *h* und *i* aufliegen, und werden nun diese letzteren herabgezogen, so wird erstlich die Schlinge verkleinert und in zweiter Richtung der Strom geschlossen, wodurch diese *erglühen* gemacht wird. Statt der Schlinge können

Fig. 72.



alle Arten Brenner in derselben Weise befestigt werden. Ausser diesem Einschaltungsgriff, der für die meisten Zwecke sich eignet, giebt es sowohl noch grössere und stärkere für lange Schlingen (an welchen das Zusammenziehen derselben durch eine Drehscheibe am Griffe besorgt wird) und stehen andererseits noch kleinere als Fig. *A* im Gebrauche, wie z. B. Fig. 72 *J*, für das Ohr. In dieser Figur ist die eine Drahtleitung ebenfalls unterbrochen und wird hier der Stromesschluss durch den Taster *d* bewirkt, der bei *c* einen Contactpunkt besitzt. *ee* sind hier die Polklemmen für die Poldrähte der Batterie und bei *b* werden verschiedene Brenner eingeschaltet, beispielsweise der dornförmige Brenner *K*.

5. Die Brenner.

Diese bestehen aus zwei starken Kupferdrähten, die durch isolirende Zwischenlagen vor Berührung geschützt und durch Elfenbeinringe, sowie durch Umwickelung mit Seidenfäden an einander gehalten werden. Das untere Ende dieser Kupferdrähte passt in die Klemmröhren des Einschaltungsgriffes, an die oberen Enden hingegen ist ein Platindraht gelöthet, der beide miteinander verbindet und entweder unter sehr spitzem Winkel abgebogen ist, wie Fig. 72, *B* und *K*, oder eine kurze Schlinge bildet, wie Fig. 72, *D*, oder aber flach gehämmert ist, wie Fig. 72, *E*, *F*, *M* und *N*.

Derartige Brenner werden galvanokaustische Messer genannt und entweder nach der Fläche, wie Fig. 72, *E*, oder nach der Kante, wie Fig. 72, *N*, gekrümmt. Bei den *Porzellanbrennern* (Fig. 72, *C*, *G* und H) ist der Platindraht

in ein Schraubengewinde, das an der Peripherie der Porzellanbrenner verläuft, gewunden und erwärmt nach erfolgtem Stromesschlusse diesen bis zur Weissglühhitze. Fig. 72, *L*, stellt eine Ligaturröhrenvorrichtung für den Schlingenschnürer dar. Das eine Ende des Platindrahtes wird von unten durch eine der Röhren geschoben, oberhalb des isolirenden Verbindungsstückes beider Ligaturröhren umgebogen und nun von der Spitze nach unten durch die zweite Röhre geschoben und die Drahtenden in der angegebenen Weise bei *i* festgeklemmt.

XI.

Elektrolyse.

Bekanntlich werden chemisch zusammengesetzte Flüssigkeiten durch den galvanischen Strom in ihre Bestandtheile zerlegt. Dieser Process spielt sich im flüssigen Zwischenleiter des Elementes ebenso ab, wie im Schliessungsbogen und ist in sehr vielen Fällen eines der wichtigsten Momente, auf denen die Heilwirkung, selbst bei Application feuchter Elektroden auf die unverletzte Haut, basirt. So werden durch Aufsetzen feuchter Elektroden unter Anwendung des galvanischen, mitunter auch des faradischen Stromes, Geschwülste aller Art zur Vertheilung gebracht, entstehende Haut- und Muskelnarben vollständig geheilt, Flüssigkeitsergüsse resorbirt, träge heilende (torpide) Wunden zur raschen Heilung gebracht, Blasensteine aufgelöst, Gifte aus dem Organismus befördert,

medicamentöse Substanzen in den Organismus eingeführt etc.

Alle diese Eingriffe gehören in das Gebiet der Chirurgie, welche in dieser Richtung nicht geringere Anwendung von der Elektricität macht, als die Medicin, worauf jedoch, dem Plane dieser Schrift entsprechend, hier nicht näher eingegangen werden kann. Diese Erfolge werden dadurch möglich, dass einerseits die durch Elektrolyse frei gewordenen Gase die Gebilde durchdringen, ihre Molecule von einander entfernen, ihre Ernährung stören und so deren Zerfall und Heilung bedingen. Zugleich treten auch noch mechanische (kataphorische) Wirkungen auf, die sich mit den elektrolytischen vielfach combiniren.

Werden blanke Metallelektroden auf die unverletzte Haut bei Anwendung eines Stromes von vielen kleinen Elementen applicirt, so treten unter beiden Polen Verschorfungen ein. Die Schorfe unter dem negativen Pole sind weich und entstehen durch Ausscheidung der Alkalien, unter dem positiven Pole dagegen hart und durch Ausscheidung der Säuren gebildet.

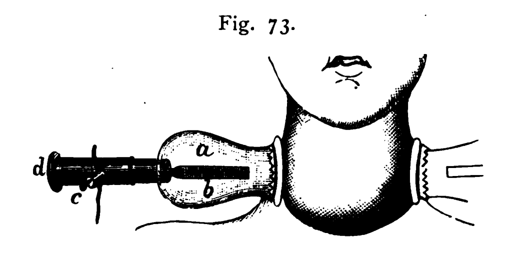
Verbindet man eine Hartgummisonde, deren Spitze aus einem olivenförmigen Metallknopfe aus Gold, Silber oder Kupfer besteht, welcher mittels eines durch die Sonde geführten Leitungsdrahtes mit einer Polklemme zusammenhängt, mit dem negativen Pole und führt diese Sonde beispielsweise in eine verengerte Harnröhre ein, setzt den positiven Pol mit breiter Schwammelektrode auf eine benachbarte Körperstelle an, so wird die Sonde bei Anwendung leichten Druckes unter Auflösung des Narbengewebes die stricturirten Partien durchdri

und nach einer oder nach mehreren Sitzungen Heilung auftreten, eine Methode, die von vielen Chirurgen mit Erfolg verwendet wird.

Die Entfernung von Giften aus dem menschlichen Organismus geschieht im hydroelektrischen Bade, worüber näheres im Capitel über allgemeine Elektrisation.

Zur Einleitung von medicamentösen Substanzen in den Organimus (nicht etwa, wie früher vermeint, zur Durchleitung derselben) dienen beispielsweise die von Leiter construirten Elektroden nach Beer. In dem mit

Fig. 73.



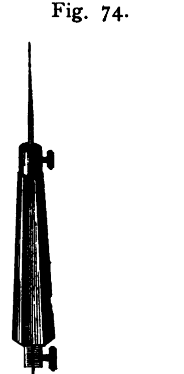
Thierblase verschlossenen Glasgefässe *a* (Fig. 73) befindet sich, ein Platinstreifen *b*, welcher mit der Klemme *c* für den Leitungsdraht in Verbindung steht. Glas und Leitung sind an dem Griffe *d* befestigt, welcher abschraubbar ist, um Flüssigkeit in das Glas füllen zu können.

Bei der Anwendung sind zwei solcher Elektroden nothwendig, die beide mit derselben Substanz gefüllt werden.

Indes wird die Elektrolyse auch in subcutaner Weise ausgeführt, indem nadelförmige Elektroden in verschiedenartige Neugebilde in Aneurysmen, Krampfadern, Muttermäler etc. eingestochen und bald mit dem positiven,

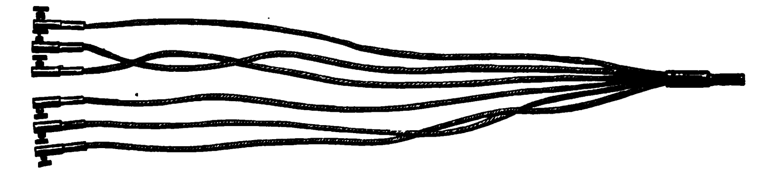
bald mit dem negativen, bald mit beiden Polen verbunden werden. Hiebei kommt es noch auf das Material der eingestochenen Nadel an; ist dieselbe aus Gold oder Platin, so tritt nur Elektrolyse auf, sind die Nadeln aber aus Eisen oder Zink, so werden diese Metalle durch die Zersetzungsproducte verändert und wirken ätzend (Zinkchlorid) oder blutstillend (Eisenchlorid).

Fig. 74.



Mitunter wird nur eine Nadel eingestochen und der andere Pol mittels feuchter Schwammelektrode an einer benachbarten oder entfernteren Körperstelle applicirt, oder es werden mehrere Nadeln mit einem Pole, oder mehrere Nadeln mit beiden Polen armirt, eingestochen. Bei Verwendung nur einer Acupunkturnadel wird die Polklemme gleich an derselben befestigt, wie Fig. 74 zeigt. Sollen jedoch mehrere

Fig. 75.



Nadeln mit einem Pole verbunden werden, so wird eine in mehrere Aeste getheilte und mit Klemmen versehene Leitungsschnur (Fig. 75) verwendet.

Als Elektricitätsquelle werden viele kleine Elemente, wie in der Elektrotherapie, benützt. Da auf das hier

eigentlich Interessante, nämlich auf das ärztliche Verfahren, die Indicationen zu demselben und die Heilresultate nicht eingegangen werden kann, sollen nur einige Beispiele, welche zugleich die Anwendung einschlägiger Instrumente illustriren, angeführt werden.

So hat z. B. Dr. Jardin in Paris ein elektrolytisches Urethrotom construirt, bei welchem das katheterförmige Instrument bis auf die Schneideschlinge isolirt ist. Dieser Apparat wird ebenfalls mit dem negativen Pole verbunden und der positive Pol mit breiter Schwammelektrode auf den Schenkel applicirt; bei leichtem Verschieben des Instrumentes durchtrennt die Klinge desselben ohne Blutung und bei geringem Schmerze die Strictur.

In Amerika wird die Galvanopunktur vielfach zur percutanen Epilation verwendet. Der negative Pol einiger Leclanché-Elemente beispielsweise wird mit der Acupunkturnadel (Fig. 74) verbunden und diese neben der Haarwurzel in die Haartasche geleitet, während der positive Pol mit feuchter Schwammkappe dem Patienten in die Hand gegeben wird. Nach einigen Minuten bildet sich eine Papille, leichtes Schäumen, Epidermisschüppchen heben sich ab und das Haar wird in 5—10 Minuten locker, so dass es mittels der Cilienpincette ohne allen Zug entfernt werden kann. (Heitzmann.)

Ein anderes elektrolytisches Instrument ist Bruns' Enterotom zur elektrolytischen Behandlung des widernatürlichen Afters. Hiebei kommt es hauptsächlich auf Entfernung des sogenannten Sporns, d. h. der gegen die widernatürliche Oeffnung andrängenden Darmfalte,

an. Hiezu wurde bisher fast ausschliesslich die Dupuytren'sche Darmscheere benützt, eine Metaliklemme, in welche diese Falte gepresst wurde, so dass sie bei täglichem Anziehen der Schrauben in circa 6—8 Tagen durchgetrennt wurde und abfiel. Die Bruns'sche Methode hingegen besorgt die Entfernung dieses Sporns in 20 bis 30 Minuten, in einer für den Kranken viel erträglicheren und für die Folgezustände viel günstigeren Weise. Er klemmt auch den Sporn zwischen eine Metallrinne und einen von derselben isolirten Metallkeil ein, wobei diese beiden Theile nur so stark aneinander gepresst werden, als zur Herstellung des Contactes nöthig ist.

Metallrinne und Metallkeil sind in Leistenform auf abgerundete Holz- oder Ebonitplatten befestigt, die durch eine Elfenbein- oder Ebonitklemme fixirt werden. Die Enden dieser beiden Leisten sind mit Klemmschrauben für die Poldrähte versehen.

Auf der Thatsache, dass Eiweisslösungen durch Elektricität zur Gerinnung gebracht werden, beruht die Behandlung aller Arten von Blutgeschwülsten, in welche direct Gold- oder Platinnadeln eingestochen werden und in einer oder einigen Sitzungen Blutgerinnung und somit Heilung herbeiführen.

XII.

Allgemeine Elektrisation.

Die bisherigen Methoden der Anwendung der Elektricität waren örtliche, gegen locale Erkrankungen gerichtete. Gegen constitutionelle, sowie gegen gewisse Erkrankungen des Gesammtnervensystems (Neurasthenie, Hypochondrie, Hysterie etc.) oder gegen ausgebreitete Haut-, Muskel- und Gelenksaffectionen haben in neuerer Zeit zuerst Beard und Rockwell in Amerika wieder die allgemeine Elektrisation in Anwendung gezogen, welche dereinst die einzige Applicationsweise der Elektricität in der Heilkunde bildete. Diese Methode hat sich seither in Frankreich und Deutschland ziemlich eingebürgert und sind einzelne Arten dieser Anwendungsweise bereits klinisch studirt worden.

Die allgemeine Elektrisation lässt sich in allgemeine Franklinisation, Faradisation und Galvanisation eintheilen, die alle drei mitunter noch mit der Massage vereinigt werden.

1. Die allgemeine Franklinisation,

vorzugsweise von Clemens und Stein in Frankfurt a. M. *geübt,* besteht, wie schon vorher erwähnt, darin, dass

der Kranke auf dem Isolirschemel mit positiver oder negativer Elektricität geladen wird.

Stein lässt aus einem bürstenförmigen Conductor elektrische Büschel gegen den Kranken ausstrahlen, und geben beide Autoren an, dass ihnen diese Methode vorzügliche Dienste leistet. Die hiezu verwendeten Apparate wurden bereits erwähnt.

2. Die allgemeine Faradisation

wird in der Weise geübt, dass der Kranke die Füsse auf eine mit feuchtem Linnen überzogene Metallplatte oder in eine mit Wasser gefüllte Wanne stellt, welche mit der Kathode des inducirten Stromes verbunden ist, während die Anode entweder mittels breiter Schwammelektroden oder mittels der sogenannten »elektrischen Hand« nach und nach mit allen Körpertheilen in Berührung gebracht wird. Die Dauer dieser Elektrisationsart beträgt 10—20 Minuten.

3. Die allgemeine Galvanisation

wird in derselben Weise geübt, wie die allgemeine Faradisation, nur wird ihr letztere vorgezogen.

Wird die Anode hauptsächlich an den Nervenstämmen am Halse oder am Kopfe und längs des Rückgrates applicirt, so wird diese Methode centrale Galvanisation genannt.

Mitunter wird auch noch eine ähnliche Methode geübt, wobei schwache Ströme durch lange Zeit in Verwendung gelangen. So werden beispielsweise zwei diffe-

rente Metalle, durch einen isolirten Draht leitend verbunden, am Körper getragen; ich sah einen Amerikaner zu diesem Zwecke in seinen Westentaschen Miniaturbatterien tragen. (Hartgummitröge waren in kleine Zellen abgetheilt, Zink- und Kohlenplättchen darin untergebracht und der Zwischenraum durch mit Schwefelsäure getränktes Glaspulver erfüllt und geschlossen.)

Alle Elektrotherapeuten, welche die allgemeine Elektrisation methodisch üben, rühmen derselben eine bedeutende und nachhaltige Besserung des Allgemeinbefindens, des Schlafes, des Appetites, sowie schmerzstillende und beruhigende Wirkungen nach.

4. Das elektrische Bad.

Es ist hier nicht die Rede von den sogenannten Luftbädern der statischen Elektricität, sondern von den hydroelektrischen, galvanischen oder faradischen Bädern, welche eigentlich die vorzüglichste Methode der allgemeinen Elektrisation bilden und die zeitraubenden und umständlichen vorher erwähnten Methoden allmälig verdrängen dürften.

Das elektrische Bad wird entweder als dipolares oder als unipolares, faradisches oder galvanisches, Anoden- oder Kathodenbad verwendet, je nachdem im Wasser beide oder nur ein Pol sich befinden und in letzterem Falle der zweite Pol an die ausser der Flüssigkeit befindlichen Körpertheile applicirt wird, ferner, je nachdem der inducirte oder der galvanische Strom verwendet wird, und endlich, je nachdem der im Wasser

befindliche Pol beim monopolaren Bade die Anode oder die Kathode ist.

Dipolare Bäder können nur in isolirenden Wannen (Holz-, Porzellan-, Cement- oder Emailwannen) verwendet werden. Die beiden Pole werden dann mit zwei grossen Metallplatten entweder am Kopf- und Fussende oder zu beiden Seiten des Badenden verbunden. Das Badewasser wird entweder schwach angesäuert oder mit Kochsalz etc. versetzt; als dipolare Bäder werden vorzugsweise faradische verwendet; doch muss der Inductionsapparat für diese Zwecke aus wenig Windungen eines 2 mm dicken Kupferdrahtes gefertigt sein. Das Badewasser hat nämlich einen Widerstand von 300—400 S.-E., der im Bad befindliche menschliche Körper hingegen mindestens einen Widerstand von 1000—2000 S.-E. Es müssen also erhebliche Stromstärken verwendet werden, damit noch wirksame Stromzweige durch den Körper gehen. Bei monopolaren Bädern sind dagegen die gewöhnlichen galvanischen Säulen und Inductionsapparate verwendbar, wie sie zur localen Elektrisation benützt werden.

Das monopolare Bad wird in der Weise geübt, dass nur ein Pol in der Badwanne sich befindet, der andere hingegen ausser dem Wasser mittels feuchter Elektrode mit dem Körper in Verbindung gebracht wird.

Leiter verwendet emaillirte Metallwannen mit doppeltem Boden, wovon der obere durchlöchert ist; unter diesem durchlöcherten Boden befindet sich eine grosse Metallplatte, die mit der Klemme *z* (Fig. 76) verbunden wird. Der andere Pol wird zur Klemme *k* des Holzstabes *a k* geleitet, durch welchen von der Klemme ein Leitungsdraht zur Metallhandhabe *b* geht, welch' letztere

mit Flanell oder Leinwand überzogen ist und von Zeit zu Zeit befeuchtet wird. Es kann auch eine nicht emaillirte Metallwanne verwendet werden; dann muss aber die Wanne an jenen Stellen, wo der Körper sie berührt, mit Guttaperchaplatten belegt, oder der zu Badende in einer Hängematte oder auf einem Gurtenbette im Bade suspendirt werden. Bei Verwendung von Holzwannen

Fig. 76.



wird der im Wasser zu verwendende Pol mit einer oder mehreren Metallplatten, oder nach Bäblich mit einem in der Wanne rings um den Badenden laufenden Drahte verbunden. Der Stromesschluss kann entweder dadurch bewirkt werden, dass der Badende die Hände in ein mit dem zweiten Pole versehenes und mit Wasser gefülltes Waschbecken taucht, oder dass demselben eine mit dem zweiten Pole in Verbindung gesetzte feuchte Compresse oder breite Schwammelektrode im Nacken etc. applicirt wird.

Elektrische Bäder sollen nur zur allgemeinen Elektrisation und nicht etwa für Zwecke localer Galvanisation oder Faradisation verwendet werden, wie dies irriger Weise von mancher Seite angegeben wurde, und wofür auch sinnreich erdachte aber unzweckmässige Apparate ausgeführt wurden, die leider auch in manchen Badeanstalten zu treffen sind. Professor A. Eulenburg in Berlin hat über hydroelektrische Bäder sehr eingehende Studien gemacht und dieselben in einer Monographie*) jüngst veröffentlicht, in der er nach Stein als Wirkungen der elektrischen Bäder: »besseren Schlaf, rasche und belebende Wiederkehr des Appetites bei nervöser Dyspepsie, Regelung der Functionen des Darmcanales, Linderung neuralgischer Schmerzen, Beseitigung der Gemüthsverstimmung und Zunahme des Körpergewichtes durch eintretende bessere Ernährung, sowie sichtliche Mehrung der Fähigkeit zu geistiger und körperlicher Arbeit« (S. 87) anführt. — In Wien ist in Dr. Heinrich's römischem Bade eine nach Angabe Dr. Fieber's von der Firma Mayer & Wolf aufgestellte zweckentsprechende Einrichtung für elektrische Bäder etablirt.

Vergués & Poey in Havanna verwendeten den galvanischen Strom im elektrischen Bade, um giftige Metalle aus dem Körper zu entfernen. Dabei säuerten sie das Wasser mit einer Säure an, in welcher das betreffende Metall löslich ist (für Quecksilber, Silber und Gold nehmen sie Salpeter- oder Salzsäure, für Blei

*) Die hydroelektrischen Bäder, kritisch und experimentell auf Grund eigener Beobachtungen bearbeitet von Prof. A. Eulenburg in Berlin, *Urban & Schwarzenberg.*

dagegen Schwefelsäure etc.), und verwendeten Kathodenbäder unter Benützung einer Säule von 20 Bunsen-Elementen. Das ausgeschiedene Metall wollen sie sodann auf den Wänden des Gefässes, in der Atmosphäre des Zimmers und im Badewasser nachgewiesen haben. Auch Caplin in London und Meding in Paris wiederholten diese Experimente mit angeblich ebenfalls günstigem Erfolge.

Munk & Schweig verwendeten hydroelektrische Bäder zur Einführung von medicamentösen Substanzen in den menschlichen Körper, nach den bereits früher angegebenen Principien.

5. Die Elektromassage.

Vielfach wird die Application der Elektricität mit der Massage vereinigt. So verbindet beispielsweise Clemens die Endpole eines Inductionsapparates mit zwei grossen feuchten Badeschwämmen, mittels deren ein Assistent, der seine Hände durch Kautschukhandschuhe isolirt hat, den Kranken nach und nach am ganzen ·Körper abreibt.

Sarah E. Port, Krankenwärterin in New-York, mit derlei Manipulationen betraut, liess sich für diese Zwecke (hauptsächlich zum Gebrauche bei fettleibigen Individuen) bei der Firma Tiemann & Comp. in New-York verschiedenartige Elektroden fertigen, von denen die eine aus zwei Platten besteht, die einen prismatischen concav-convexen Raum einschliessen, der mit warmem Wasser gefüllt, entweder mit seiner Convexität oder mit seiner Concavität applicirt wird; eine zweite ist ein Hohlcylinder

aus Metall, der ebenfalls mit warmem Wasser gefüllt, nach Art einer Löschpapierwalze verwendet wird. Eine dritte endlich stellt eine gewöhnliche Metallbürste dar. An den Handgriffen dieser drei Elektrodenarten sind Polklemmen für den differenten Pol angebracht. Stein hat in der jüngst erschienenen zweiten Auflage seiner »Allgemeinen Elektrisation« die letzteren zwei dieser Elektroden abgebildet.

Dr. John Butler in New-York *) hat eine elektrotherapeutische Walze construirt, welche zugleich die Elektricitätsquelle enthält. Dieser Apparat besteht aus einer kupfernen Walze, mit einem Handgriff, der durch einen Hufeisenmagneten gebildet wird, vor dessen Polen sich zwei Drahtspiralen bewegen, auf welche die Rotation der Walze durch ein Zahngetriebe übertragen wird. Der Hufeisenmagnet bildet demnach mit diesen beiden Spiralen einen magnetoelektrischen Inductionsapparat, dessen eine Elektrode die mit Flanell oder Leinwand überzogene Kupferwalze ist, die andere Elektrode dagegen mittels einer Metallplatte oder eines gewöhnlichen Endpoles an einem beliebigen Körpertheil angesetzt wird. Während der Massage geht dann der Strom von der Ansatzstelle zum massirten Körpertheile; auch diese Walze ist in der angeführten Monographie Stein's abgebildet.

Auch die Reibungselektricität wird zur Elektromassage verwendet. R. Kruse in Stralsund hat einen entsprechenden Apparat construirt. Derselbe besteht aus einem Handgriffe, der, analog einer Elektrode, in einen Polster endigt. Der Stiel dieses Griffes ist aus Hart-

---

*) *Centralzeitung* für Optik und Mechanik 1882, Heft 1.

gummi oder Holz gefertigt, und der im Durchmesser etwa dreimal so grosse elastische Polster mit einem Thierfelle überzogen. Dieser Ueberzug ist ringsum an einen die Basis dieses Polsters bildenden Neusilberring durch Durchschlingung des Löcherrandes dieses Ringes und des freien Thierfellrandes mit Kupferdraht befestigt. Dieser Neusilberring steht mit einem Neusilberdraht in Verbindung, welcher in Schraubentouren um den Stiel gewickelt ist. Dieser Handgriff stellt somit das Reibzeug dar, der Patient bildet den zu reibenden Körper. Die im Reibzeug entwickelte Elektricität soll auf diese Weise durch den Körper des Operirenden in die Erde abfliessen, während die im Körper des Patienten entstandene entgegengesetzte Elektricität den geriebenen Körpertheil durchströmt und durch den Erdboden abgeleitet wird.

XIII.

Das elektrische Licht in der Heilkunde.

In der Heilkunde wird häufig reflectirtes Tages- oder künstliches Licht zur Beleuchtung von Körperhöhlen, Wundcanälen und allen, dem directen Besehen unzugänglichen Körperstellen zum Zwecke der Diagnose und Therapie mit Vortheil verwendet. Ja, es datiren eigentlich die grössten Errungenschaften der modernen Heilkunde erst seit der Einführung dieser Methode.

Wenn nun schon das reflectirte Licht von solchem *Nutzen* ist, wird die directe Beleuchtung, worüber kein

Zweifel herrschen kann, von noch grösserem Werthe für diese Zwecke sein, weshalb denn auch schon seit der Einführung der Galvanokaustik in die Chirurgie das Glühlicht des schlingenförmig abgebogenen, weissglühenden Platindrahtes zur Orientirung wenigstens in den Wundhöhlen benützt wurde, welche primitive Methode in neuerer Zeit von mehreren Seiten weiter ausgebildet worden ist.

Da aber der weissglühende Platindraht nicht lange in einem engen Raume verwendet werden darf, ohne auch seine thermischen Wirkungen zu äussern, kam schon vor mehreren Decennien Dr. Bruck in Breslau darauf, abgekühltes Licht in Anwendung zu ziehen, indem er den weissglühenden Platindraht mit in geschlossenen Röhren circulirendem Wasser umgab, welches die Wärme aufnahm und fortleitete.

In neuester Zeit hat Dr. J. Michael in Hamburg mit phosphorescirenden Substanzen erfüllte Geisler'sche Röhren, vom Funkenstrome eines Ruhmkorff'schen Inductors erhellt, zur Beleuchtung leicht zugänglicher Körperhöhlen empfohlen, während Trouvé in Paris und Dr. Hedinger in Stuttgart unentwegt an der Verwendung frei zu Tage liegender, weissglühender Platindrähte festhalten und zur Vermeidung von Verbrennungen eine nur momentane Benützung empfehlen. Wird noch erwähnt, dass in früheren Zeiten Dr. Bruck in Breslau, Dr. Lazarewitsch in Charkow und Dr. Milot in Paris und in neuester Zeit Dr. Schramm in Dresden, nebst noch vielen Anderen, Körperstellen zu diagnostischen Zwecken durchleuchten wollten (Diaphanoskopie) und dass neuerdings von Dujardin-Beaumetz, sowie von

Trouvé in Paris das elektrische Licht in Verbindung mit einem Reflector zur Beleuchtung von Körperhöhlen empfohlen wird, so sind alle Methoden der Verwendung des elektrischen Lichtes in der Heilkunde hiemit angedeutet.

Dieselben sollen nun im Folgenden nicht in historischer Aufeinanderfolge, sondern nach ihrem praktischen Werthe, vom minder Vollkommenen zum Vollkommeneren fortschreitend, in Kürze behandelt werden.

1. Diaphanoskopie.

Zu verschiedenen Zeiten ist man auf die Idee verfallen, Körpertheile durch ein grelles Licht zu durchleuchten, um hiedurch etwaige krankhafte Veränderungen zur Anschauung zu bringen. Bekanntlich werden selbst undurchsichtige Körper in dünnen Schichten durchscheinend, andere absorbiren, selbst in dickeren Dimensionen in die nächste Nähe einer grellen Lichtquelle gebracht, nicht alle Lichtstrahlen, sondern lassen eine bald grössere, bald geringere Menge derselben durch. Nähert man z. B. die Hand einer intensiven Lichtquelle, so sind zuerst die Fingerränder, bei weiterer Annäherung auch die Finger und endlich die ganze Hand rosig durchscheinend. Man ist aber hiemit nicht imstande, die Knochen in den Fingern von den Weichtheilen zu unterscheiden, ebensowenig, als man irgend eine Veränderung der Weichtheile erkennen kann; Zahnärzte behaupten wohl, bei Durchleuchtung von Zähnen, im Inneren cariöser Zähne, selbst wenn diese äusserlich intact erscheinen, einen schwarzen Punkt wahrzunehmen. Allein, selbst dies zugegeben, hat

die Diaphanoskopie sonst keinen wissenschaftlichen Werth und kann höchstens zu Spielereien (wie z. B. zur Erleuchtung eines in einem Glastroge schwimmenden Fisches) verwendet werden.

2. Verwendung reflectirten elektrischen Lichtes.

Vor der Anwendung des reflectirten Tageslichtes oder sonst einer intensiven Lichtquelle bietet die Anwendung reflectirten elektrischen Lichtes nur wenige Vortheile; denn der Hauptwerth der Anwendung des elektrischen Lichtes ist ja eben darin gelegen, die Lichtquelle in die zu beleuchtende Körperhöhle direct einzuführen, das elektrische Licht zur directen Beleuchtung zu verwenden. Das reflectirte Licht wurde bisher in der Weise verwerthet, dass man einen Hohlspiegel in seinem optischen Mittelpunkte durchbohrte, die Lichtstrahlen einer entsprechend aufgestellten Lichtquelle mit demselben auf die zu besichtigenden Körperstellen reflectirte und durch die Centraldurchbohrung des Spiegels die erleuchtete Partie betrachtete, wodurch das Auge des Untersuchenden vor dem directen Lichte geschützt war. Die Anwendung des elektrischen Lichtes gestattet es, allerdings die Lichtquelle auf den Spiegel selbst zu verlegen, den Kranken in jeder Stellung zu untersuchen, sich demselben je nach Bedarf beliebig nähern zu können, nur darf nicht, wie dies mehrfach von den Erzeugern derartiger Apparate geschah, die elektrische Lichtquelle in den Focus des Hohlspiegels gebracht werden!

Allerdings treten dann die Lichtstrahlen parallel aus, aber der Untersuchende kann in diesem Falle nur

neben den Spiegel, aber nicht auch durch diesen sehen, weil er bei einem solchen Versuche von der Lichtquelle daran gehindert wird.

Helot und Trouvé haben neuestens kleine Glühlämpchen zu gleichem Zweck gefertigt, die von einem Kaliumbichromatlösungselemente in Thätigkeit gesetzt, zur directen Beleuchtung der Mundhöhle verwendet werden, oder auch mittels einer Binde an der Stirne des Untersuchenden befestigt werden können. Die genannten Erzeuger nennen diese Lämpchen »Photophor«; eines anderen ähnlichen Apparates wurde bereits eingangs dieses Artikels erwähnt.

3. Dr. J. Michael's Psychrophos.

Der Name besagt, dass dieser Apparat Licht ohne Wärme geben »soll«, da Psychrophos mit Kaltlicht zu übersetzen ist. Die Construction dieses Apparates basirt auf der Thatsache, dass phosphorescirende Substanzen im evacuirten Raume dem Einflusse des Funkenstromes ausgesetzt, ein relativ helles Licht bei nicht erheblicher Wärmeentwicklung erzeugen.

Dr. Michael's Apparat besteht aus doppelt gestielten evacuirten Glasoliven, in denen sich phosphorescirende Substanzen (zumeist kohlensaurer Kalk und Schwefel) befinden. Diese Oliven sind an isolirten Stielen befestigt, durch welche die Leitungsdrähte für die in denselben eingeschmolzenen Platindrähte gehen, die zur Verbindung mit einem Ruhmkorff'schen Funkeninductor dienen. Ist dieser in Thätigkeit gesetzt und ergiesst sich

der Funkenstrom durch die phosphorescirende Masse, so verbreiten diese Beleuchtungsoliven ein mattes Licht auf kurze Distanzen, welches, photometrisch gemessen, ein Hundertstel der Leuchtkraft einer Stearinkerze besitzt.

Dieser Apparat wird von seinem Erzeuger zur Beleuchtung von leicht zugänglichen Höhlen (Mundhöhle, Scheide, After, Wundräume etc.) empfohlen, und prätendirt Dr. Michael nicht einmal ihn zur Beleuchtung der hinteren Larynxwand, geschweige denn zur Beleuchtung der Speiseröhre, des Magens, Darmes, der Harnröhre oder Harnblase zu verwenden. Ja nicht einmal die Ohrbeleuchtung kann mit diesem Apparate ausgeführt werden, da man nicht etwa durch den Apparat hindurchsehen kann, wie bei den Leiter'schen Apparaten, sondern daneben sehen muss, und die Olive den Gehörgang ausfüllen würde.

Uebrigens hat es auch mit dem »kalten Licht« sein Bewenden; denn der Erfinder empfiehlt dringend zeitweiliges Eintauchen der Olive in kaltes Wasser, weil die Erwärmung des Apparates allmälig unerträglich wird.

Von einer praktischen Verwerthung dieser Methode kann überhaupt nicht gesprochen werden. Abgesehen von der äusserst mangelhaften Beleuchtung und von der Erwärmung kommt noch der Umstand der Zerbrechlichkeit des ganzen, aus Glastheilen, in welchen Metalldrähte eingeschmolzen sind, bestehenden Apparates, besonders bei Erwärmung desselben und plötzlichem Abkühlen in kaltem Wasser, wie es der Erfinder ja selb [illegible]rdert, in Betracht, wodurch leicht Glassplitter in [illegible] mus gebracht werden könnten.

Ueberdies ist die Anwendung eines Ruhmkorff'schen Inductors misslich, weil hiebei sehr leicht Operateur und Patient durch einen unliebsamen Schlag erschüttert werden könnten, was bei Operationen gerade nicht ganz gleichgiltig wäre. Es dürfte darum kaum irgend Jemand geben, der die Auslagen für einen Ruhmkorff'schen Funkeninductor und die entsprechende Batterie, nebst den Beleuchtungsoliven, riskiren würde, in der sicheren Voraussetzung, im günstigsten Falle mit dem ganzen Armamentarium weniger zu sehen, als bei reflectirtem Tages- oder Lampenlicht.

Die ganze Methode scheint übrigens gar nicht darnach angethan zu sein, ernst genommen zu werden.

4. Trouvé's Polyskop.

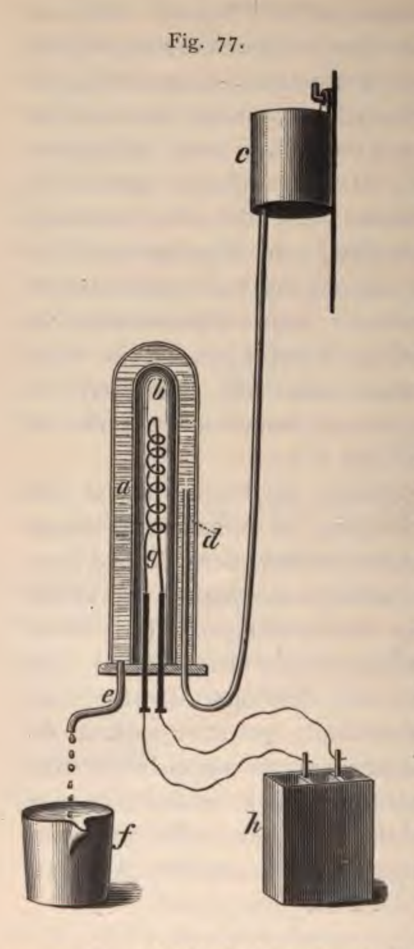
Trouvé in Paris hat frei zu Tage liegende Platindrähte und Platinspiralen in galvanisch weissglühendem Zustande, in Verbindung mit verschiedenartigen Reflectoren zur Beleuchtung der Körperhöhlen empfohlen. Als Elektricitätsquelle benützt er einen Planté'schen Accumulator, an dem ein Rheostat zur Regulirung der Stromstärke, nebst einem Galvanoskop angebracht sind. Die Reflectoren werden an dem Middeldorpf'schen Handgriffe befestigt und durch Leitungsdrähte mit dem Accumulator verbunden.

Diese Beleuchtungsmethode eignet sich nur für einige Fälle, da die Reflectoren schon nach einer Minute unerträglich heiss werden und bei längerer Verwendung Verbrennungen herbeiführen würden. In Deutschland hat diese Methode an dem Frankfurter Hofrathe

Dr. Th. Stein einen zu begeisterten Anhänger gefunden, der gegen die weitaus bessere und geradezu vorzügliche Bruck-Nitze-Leiter'sche Methode zu Gunsten des ganz untergeordneten Trouvé'schen Polyskops ankämpfend, sogar die Aeusserung machte, dass jede optisch-diagnostische Untersuchung in 15 Secunden zu machen sei, und wer in dieser Zeit nichts sieht, der sähe überhaupt nichts. Hierauf ist eigentlich jede Entgegnung überflüssig, da ja die Einstellung und das Aufsuchen beispielsweise eines Trachealdivertikels eines Blasensteines etc. mitunter über eine Viertelstunde erfordert. Da ist schon der Erzeuger liberaler und fordert nur, dass man von Zeit zu Zeit die Untersuchung unterbreche, bis der Spiegel hinreichend abgekühlt wäre.

Die Trouvé'sche Methode ist bisher nur in den leicht zugänglichen Körperhöhlen, als: Mundhöhle, Scheide und After, in beiden letzteren unter dem Schutze entsprechender Spiegel, verwendet worden. Abgebildet hat Trouvé allerdings auch Magen- und Harnröhreninstrumente, allein diese wurden bisher noch nie versucht und dürften sich für diese Zwecke auch gar nicht eignen. Ueberhaupt gestattet schon die Stromesquelle in der Ausführung, wie sie geboten wird, keine länger andauernde Untersuchung. In der deutschen medicinischen Wochenschrift Nr. 7 ex 1879 beschreibt Dr. Hedinger in Stuttgart ganz ähnliche Apparate eigener Construction.

Fig. 77.



5. Elektroendoskopie.

Das Princip dieser Methode hat bereits vor zwei Decennien der Zahnarzt Dr. Bruck in Breslau angegeben und in einer Monographie veröffentlicht. Diese Methode besteht darin, dass der glühende Platindraht mit in geschlossenen Röhren circulirendem Wasser zu umgeben ist, wodurch die Wärmewirkung vollständig eliminirt wird. Fig. 77 stellt ein Schema dieser Methode dar. Aus der höher gestellten Kanne *c* fliesst kaltes Wasser durch ein Rohr *d* in den Raum *a* zwischen zwei Glaskölbchen und tritt bei *e* in ein Auffanggefäss *f* aus. In dem inneren Glasgefässe *b* wird der spiralförmig gewundene Platindraht *g* durch die Batterie *h* weissglühend gemacht, die gesammte Wärme jedoch durch circulirendes Wasser aufgenommen und fortgeleitet, so dass, so lange die

Wassercirculation statt hat, selbst nach stundenlangem Erglühen des Drahtes der ganze Apparat sich kalt anfühlt. Es genügt indes, den weissglühenden Platindraht auch nur von drei Seiten aus mit Metallröhren zu umgeben, in denen das Wasser circulirt, um die betreffenden Apparate vollständig kühl zu erhalten. Dies hat Bruck bei einem Mundspiegel, den er zur directen Beleuchtung verwendete, auch durchgeführt. Da indes die Bruck'schen Instrumente sonst hauptsächlich für die Diaphanoskopie construirt waren, kamen sie mit dieser in Vergessenheit.

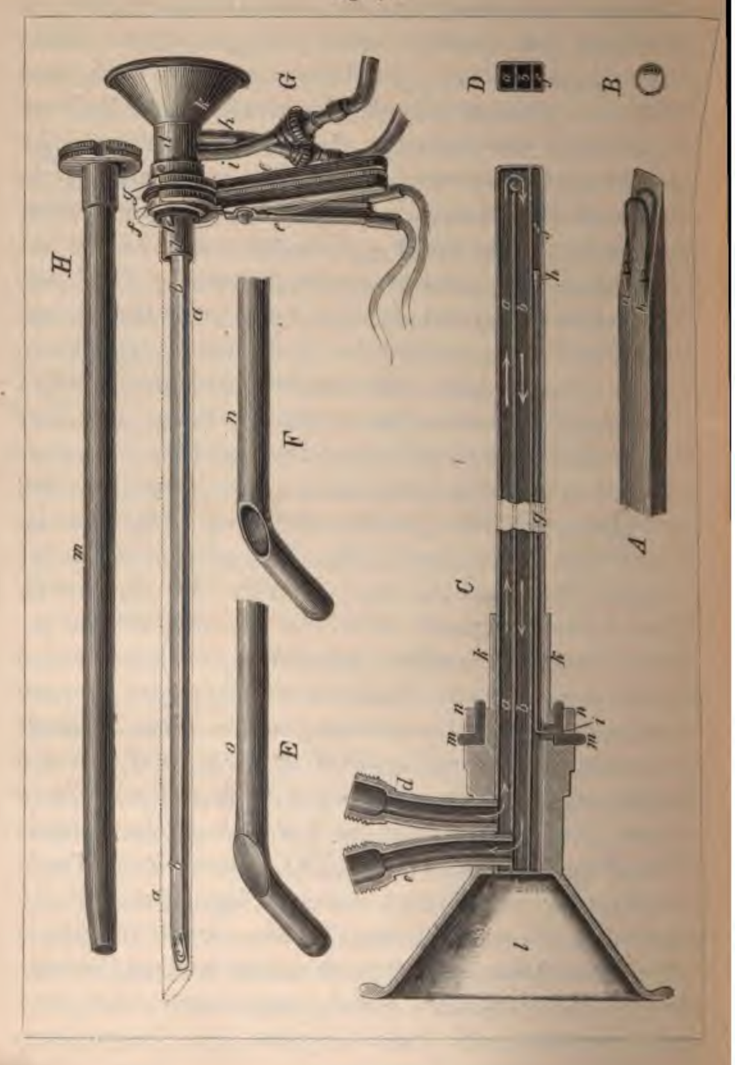
Dr. Nitze hat die Bruck'sche Methode ihrer unverdienten Vergessenheit entrissen und im Jahre 1877 nach dem Muster des Bruck'schen Spiegels zur directen Beleuchtung der Mundhöhle durch den Instrumentenmacher Deicke in Dresden auch Apparate für tiefer gelegene Körperhöhlen fertigen lassen. Nach den ersten Versuchen mit diesen Instrumenten sah Dr. Nitze ein, dass zur praktischen Verwerthung dieser Apparate noch ein optischer Apparat nöthig sei, den ihm zuerst der Optiker Benèche in Berlin berechnet und construirt hatte. Nachdem Deicke durch seine Arbeiten den Nachweis geliefert, dass die Bruck'sche Methode auch für tiefer gelegene Körperhöhlen verwendbar sei, den grossen technischen Anforderungen jedoch, welche die mechanische Ausführung dieser Instrumente an seine Werkstätte stellte, nicht gewachsen war, Dr. Nitze aber andererseits den praktischen Gedanken hatte, diese seine noch ziemlich urwüchsigen Instrumente zu verkaufen, noch ehe er sie wissenschaftlich verwerthet, und diesbezüglich mit mehreren

der bedeutendsten Instrumentenfabrikanten in Verbindung getreten war, erwarb Leiter in Wien das Recht, die von Dr. Nitze erweiterte Bruck'sche Methode, sowie die ersten Deicke-Benèche'schen Modelle zur Grundlage seiner selbständigen Arbeiten auf elektroendoskopischem Gebiete zu machen. Den Schluss dieser kurzen historischen Skizze mögen die Worte, welche Dr. Weise über diesen Gegenstand am 29. März 1881 im Berliner elektrotechnischen Vereine aussprach, bilden: »Da Leiter bei seinem ungewöhnlich hohen wissenschaftlichen Sinne kein Opfer scheute und sowohl grosse Capitalien, als auch seine volle Arbeitskraft und seine ganze disponible Zeit durch mehr denn drei Jahre diesem Gegenstande zuwandte, gelang es ihm, bei seinem grossen Fleisse und seiner grossen Geschicklichkeit, technisch vorzügliche und praktisch brauchbare Instrumente für die Elektroendoskopie zu schaffen.«

Leiter's Urethroskop. Dieser Apparat, zur Beleuchtung der Harnröhre dienend, giebt zugleich ein- für allemal die Art der Verbindung dieser Apparate mit den Batteriepolen, die Einrichtung der Wasserleitung und die Art und Weise, wie durch so einen Apparat das Beleuchtete besehen werden kann, an. In das mit dem Trichter *l* verbundene Rohrstück *kk* (Fig. 78 *C*) ist ein fast vierkantiger, von drei Canälen, *a*, *b* und *f* durchzogener Silberkörper eingelöthet, dessen Canal *a* mit dem Ansatzrohre *d*, der Canal *b* hingegen mit dem Ansatzrohre *e* in Verbindung stehen, während an der Spitze dieses stabförmigen Körpers bei *c* diese beiden Canäle

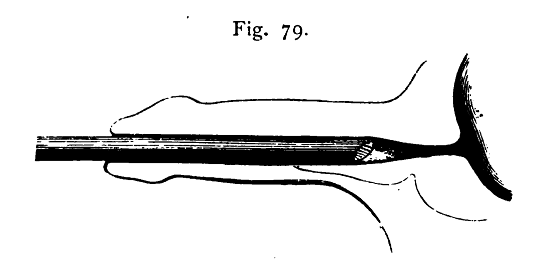
miteinander communiciren. Der dritte Raum *f* dient zur Aufnahme des daselbst isolirt untergebrachten Silberdrahtes *g*, der unten in die Hülse *h* ausgeht, nach oben aber, bei *i*, ebenfalls isolirt eingeklemmt ist. Diese Isolirung wird dadurch bewerkstelligt, dass auf das Rohrstück *kk* ein Ebonitring *mm* zur Isolirung des auf denselben geschraubten Metallringes *nn* aufgesteckt ist, an welch' letzterem der Silberdraht *g* befestigt wird. Dieser Beleuchtungsstab ist an seiner unteren Spitze (Fig. 78 *A*) keilförmig abgeschrägt und zeigt bei *b* und *a* die Befestigung der Glühschlinge, welche bei *b* in der vorerwähnten Hülse *h*, bei *a* dagegen mit dem Beleuchtungsstabe selbst verbunden wird, welcher den zweiten Pol bildet. Fig 78 *D* zeigt diesen vierkantigen Stab im Durchschnitt. Alle diese drei Figuren sind der Deutlichkeit wegen vergrössert und schematisch gehalten; in fast natürlicher Grösse ist der Durchschnitt des Rohres *kk* (Fig. 78 *C*) mit dem darin befindlichen Beleuchtungskörper in Fig. 78 *B* dargestellt. Dieser Beleuchtungsstab wird nun in entsprechend geformte Untersuchungsröhren geschoben, von deren Lumen er kaum den fünften Theil einnimmt und so den grössten Raum zum directen Durchsehen gestattet. Eine derartige Untersuchungsröhre *m* (Fig. 78 *H*) ist in Fig. 78 *G* über den Beleuchtungsstab *bb* geschoben und durch die Punktlinien *a* markirt. Die Stromeszufuhr geschieht durch eine zangenartige Doppelklemme *ee* (Fig. 78 *G*), deren beide Theile von einander isolirt sind und die Leitungskabel aufnehmen. Durch einen leichten Fingerdruck auf die einzeln beweglichen Arme *ee* werden die zangenförmigen Contacte von den beiden Ringen *f* und *g* abgehoben oder angesetzt, von denen, wie früher erwähnt, der eine mit der

Fig. 78.



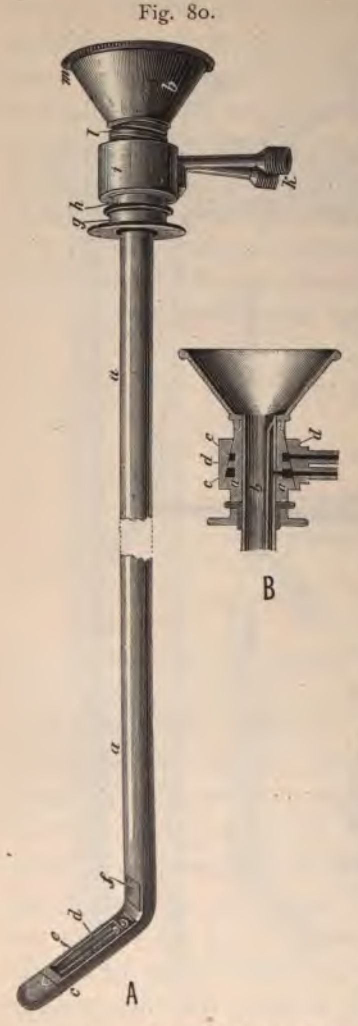
isolirten Drahte, der andere mit dem Beleuchtungsstabe in Verbindung steht. *n* und *o* Fig. 78 *E* u. *F* sind verschiedene Untersuchungsröhren. Die in Fig. 78 *C* angedeuteten Ansatzröhren *d e* stehen an der Fig. 78 *G* mit Gummischläuchen *i h* für die Wasserleitung durch sogenannte Holländerschrauben in Verbindung. Da der Beleuchtungsstab an seiner Spitze abgeschrägt ist, kann die Platinschlinge daselbst etwas abgebogen werden, so dass man im Verlaufe des Rohres die Lichtquelle gar nicht sehen kann. Fig 79 zeigt die Anwendung dieses Apparates.

Fig. 79.



Leiter's Kystoskop. Dieser zur Untersuchung der vorderen Blasenwand und des Blasenhalses von Leiter ganz selbständig construirte Apparat besteht aus einem katheterförmigen, unten winkelig, wie bei einer Steinsonde abgebogenen Rohre *a a*, Fig. 80 *A*, an dem der Trichter *b* mit den Ansatzröhren *k* für die Wasserleitung, und die Contactringe *g h* für die Leitungsklemmzange ersichtlich sind. An diesem Apparate bilden die eben erwähnten Theile mit der Beleuchtungsvorrichtung ein Ganzes und ist der ganze Apparat bei bestimmter Lage der Ansatzrohre und der Klemmzange drehbar. Wie dies ausführbar ist, zeigt Fig. 80 *B*. Ueber den nach oben konisch

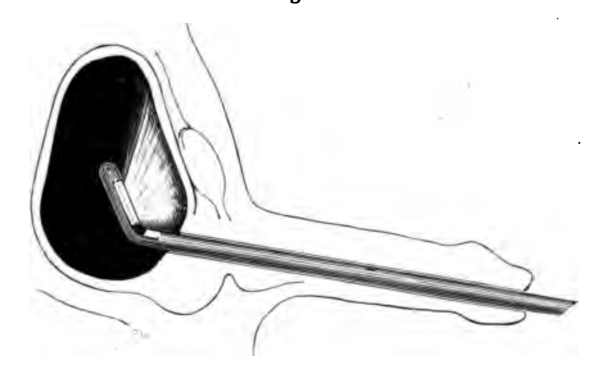
Fig. 80.



verlaufenden Ring *a a* des Rohres *b* ist ein aufgeschliffener Ring *d d*, welcher die Ansatzrohre für die Wasserleitung enthält, drehbar. Der Ring *aa* enthält, wie in der Figur ersichtlich, zwei Ringcanäle, die einerseits den Zuleitungsröhren (*k* Fig. 80 *A*) entsprechend gestellt sind, andererseits aber mit den Wassercanälen des Apparates in Verbindung stehen, was an dem bei *a* situirten Canale dargestellt ist. Durch die Feder *l* (Fig. 80 *A*) wird dieser die Ansatzröhren tragende Ring *i* immer luftdicht an den nach oben konisch verlaufenden Ring des Apparates angedrückt und gestattet so die Drehung des Instrumentes ohne Mitbewegung der Wasserleitungsschläuche und der Stromleitungsgabel. An dem nach vorne winkelig abgebogenen Theile des Apparates (Fig. 80 *A*) befindet sich ein Fenster *d*, welches

mit einer Bergkrystallplatte verschlossen ist, unter welcher der hier stärkere Platindraht *e* eingeschaltet ist. Um zu diesem zu gelangen, ist die Kappe des Instrumentes bei *c* abschraubbar. Werden die Lichtstrahlen nach vorne und oben, wie in Fig. 81 ersichtlich, geworfen, so geschieht die Beobachtung durch ein rechtwinkeliges dreiseitiges Prisma *f*, welches das Bild gegen die Trichtermündung projicirt. Um ein grosses Gesichtsfeld übersehen zu können, dient

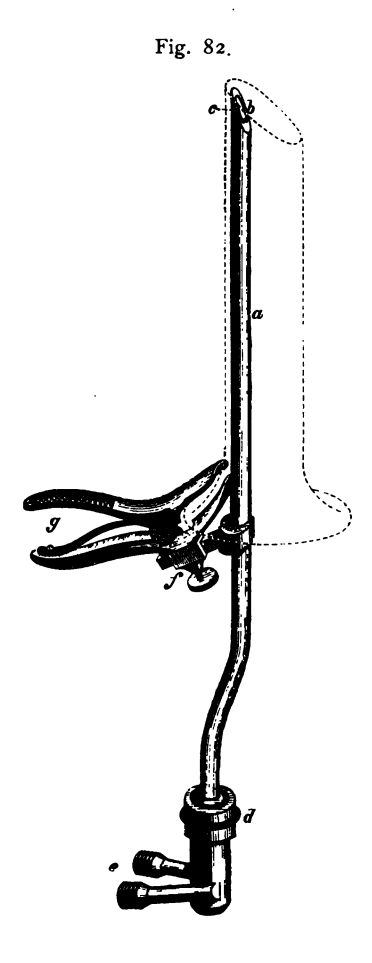
Fig. 81.



ein in der Einleitung zur Elektroendoskopie angeführter, zuerst von Benèche und später in Wien von Reichert gefertigter mikroskopartiger Apparat, welcher in das Untersuchungsrohr eingeschoben, das Uebersehen einer selbst handtellergrossen Fläche auf einmal gestattet. Leichter auszuführen war ein zweites ähnliches Instrument zur Beleuchtung des Blasengrundes und der hinteren Blasenwand, an dem der Beleuchtungsapparat an die äussere Seite des winkelig abgebogenen Schnabels verlegt wurde, während in der Verlängerung des Rohres die Beobachtung stattfindet.

Leiter's Vaginoskop. Dieser Apparat besteht aus einem undurchbohrten Beleuchtungsstabe *a* (Fig. 82), der mittels der Klemmzange *g* an ein beliebiges Vaginalspeculum befestigt und mittels der Schraube *f* fixirt werden kann. Bei *e* wird die Wasserleitung, bei *d* die elektrische Leitung eingeschaltet und die Platinschlinge *c* durch das Krystallfenster *b* geschützt. Diesem ähnlich ist

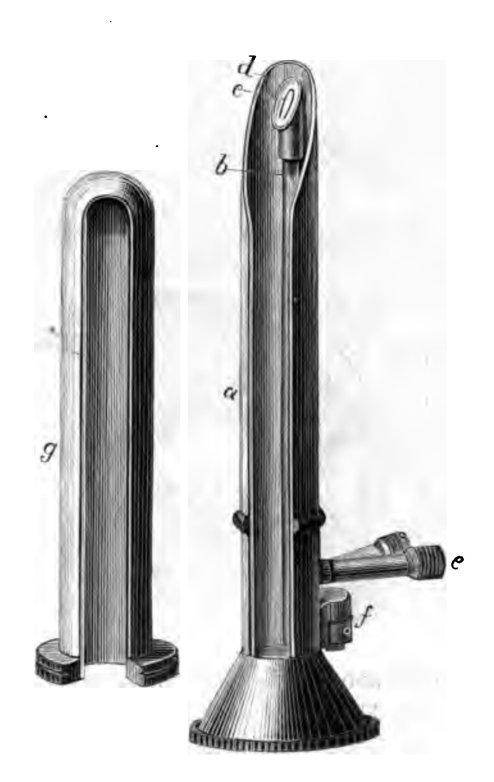
Fig. 82.



Leiter's Rectoskop (Fig. 83). Der Lichtträger *b*, dessen Platinschlinge *c* ebenfalls durch ein Fenster *d* geschützt ist, wird an dem aufgeschlitzten Rohre *a* befestigt, über welches zum Zwecke der Einführung ein vorne geschlossenes Fergusson'sches Speculum (Fig. *g*) geschoben wird. Bei *f* ist die elektrische, bei *e* die Wasserleitung eingeschaltet. Nach demselben Principe hat Leiter ein

Enteroskop zur Untersuchung des Darmcanal
construirt, welches aus einer metallenen Gliederröhre b

Fig. 83.



steht, in welche nach der Einführung vorsichtig ei
gerade Metallröhre mit dem Lichtträger geschob
werden kann.

Leiter's Laryngoskop (Fig. 84) besteht aus einem metallenen Kehlkopfspiegel, der durch denselben Strom, welcher an der Spitze des Spiegels die Platinspirale weissglühend macht, so weit erwärmt wird, dass er sich selbst während einer stundenlangen Untersuchung nicht be-

Fig. 84.



schlägt, was sonst bei allen anderen Kehlkopfspiegeln ein missliches Hindernis längerer ununterbrochener Untersuchung ist. Ausserdem gestattet die directe Einführung des Lichtes die möglichste Annäherung selbst Kurzsichtiger und die Projection des Bildes nach vorne, so dass dasselbe mittels eines Planspiegels zu gleicher Zeit *einem* ganzen Auditorium demonstrirt werden kann.

Ueberdies kann sich der zu Untersuchende den Spiegel selbst halten, so dass der Arzt beide Hände zum Operiren frei hat etc.

Leiter's Pharyngoskop (Fig. 85), welches die Lichtquelle in der Ebene des Spiegels selbst hat, trotz-

Fig. 85.



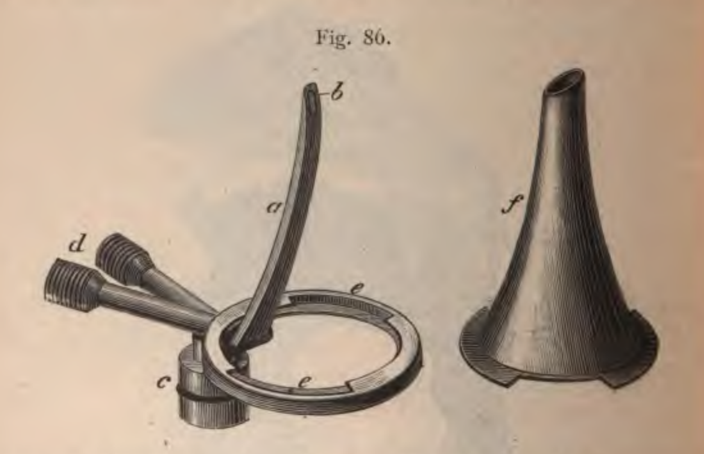
dem aber das Auge des Untersuchenden, wie aus der Figur ersichtlich, nicht alterirt, ist im Uebrigen dem vorigen Instrumente ähnlich hergestellt.

Leiter's Otoskop (Fig. 86) besteht aus einem Ohrtrichter *f*, welcher durch Verreibung an dem Ringe *e* befest wird; der Theil *a* ist dem Lichtträger des Urethrosk nachgebildet und hat bei *b* die Platinschlinge, b

wird die elektrische und bei *d* die Wasserleitung eingeschaltet.

Ausser diesen angeführten Instrumenten hat Leiter noch Hysteroskope zur Untersuchung des Uterus, verschiedenartige Rhynoskope zur Untersuchung der Nase und verschiedentliche Stomatoskope für Zahnärzte und zur Untersuchung der Mund- und Schlundhöhle con-

Fig. 86.



struirt. Die Krone der elektroendoskopischen Instrumente bilden indes das

Oesophagoskop und das Gastroskop zur Untersuchung der Speiseröhre und des Magens.

Diese beiden Instrumente haben eine eigene Geschichte. Ich selbst war Zeuge der vielfachen Constructionen und Reconstructionen, Modificationen und Experimente, welche, ein Capital verschlingend, fast durch volle vier Jahre ununterbrochen fortgesetzt wurden, und *die nur* bei der unbeugsamen Energie und Ausdauer

Leiter's zum Ziele führen konnten. Von verschiedenen Seiten wurde in illustrirten Familienblättern die Magenbeleuchtung als ein bereits gelöstes Problem hingestellt und der entsprechende Apparat sogar gezeichnet. Wie weit indes die Autoren solcher Aufsätze auch nur von dem Verständnis für die Schwierigkeiten, welche der Lösung dieser Aufgabe hinderlich im Wege standen, entfernt waren, erhellt schon daraus, dass nicht einmal die anatomischen und physiologischen Thatsachen, welche hiebei concurrirten, klar bekannt waren und erst durch vielfache Leichenexperimente, sowie durch Versuche an gesunden Individuen festgestellt werden mussten.

Als Leiter seine Monographie über elektroendoskopische Instrumente publicirte, (aus welcher Schrift diese Abbildungen copirt sind) hatte er das Problem der Gastroskopie nur zum Theile gelöst. Das in dieser Schrift abgebildete und beschriebene Gastroskop war ein sehr complicirtes Instrument, aus Gliederröhren, welche gekrümmt eingeführt und nach geschehener Einführung durch einen starken Draht gerade gestreckt wurden. So genial auch das Instrument erdacht, so präcis und wahrhaft kunstvoll es auch ausgeführt war, eignete es sich doch nicht für die praktische Verwerthung.

Erst nach zahlreichen Experimenten, welche der nunmehrige Professor der Chirurgie an der Krakauer Universität, Dr. Johann Mikulicz, im Vereine mit Leiter anstellte, und nach Ueberwindung mechanischer Schwierigkeiten, sowie vorzugsweise nach Lösung mancher anatomisch-physiologischer Probleme, gelang es dem gemeinsamen Bestreben Beider, ein praktisch brauchbares Instrument herzustellen, welches gerade so, wie

Fig. 87.



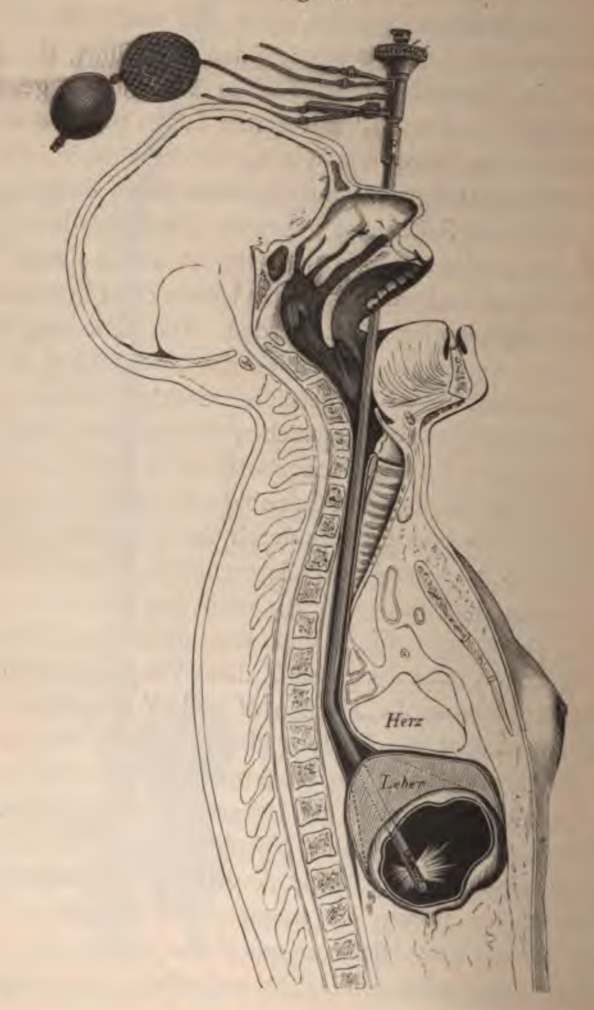
alle früheren Leiter'schen Endoskope am Lebenden zu zahlreichen Untersuchungen mit dem besten Erfolge verwendet wurde.

Mikulicz verwarf von allem Anfange an jedes flexible Rohr und entschied sich für Instrumente, die ganz und gar dem Leiter'schen Urethroskop und Kystoskop nachgebildet werden sollten, und fürwahr gelang es, mit diesen Apparaten zum Ziele zu kommen.

Das Gastroskop (Fig. 87) ist eigentlich nur ein in seinen Dimensionen und dem Zwecke, dem es dienen soll, entsprechend modificirtes Kystoskop. In seinem unteren Drittheile ist das Instrument den anatomischen Verhältnissen entsprechend bei *F* unter einem Winkel von 150° abgebogen und enthält am Ende dieses Schnabels bei *B* die Platinspirale und bei *E* ein rechtwinkeliges Prisma, wodurch unter Beihilfe eines zweiten entsprechenden, bei *F* situirten Prismas das Bild der beleuchteten Magenpartie bis zur vorderen Oeffnung projicirt werden kann. Bei *C* wird in der be-

kannten Weise die elektrische, bei *D* die Wasserleitung eingeschaltet. Da aber der Magen zum Zwecke der Untersuchung aufgeblasen werden muss, ist noch ein feiner Canal durch die Länge des Instrumentes geführt, der bei *L* mit dem Kautschukgebläse *K* in Verbindung gesetzt werden kann und bei *L'* mit einem feinen Schlitze nach aussen mündet. Wird nun der zu Untersuchende, wie in der Durchschnittsfigur 88 (auf folgender Seite) dargestellt, horizontal in die Seitenlage gebracht, der Kopf desselben stark nach rückwärts und das Gesicht etwas nach abwärts gelagert, so kann bei einiger Uebung das Instrument mit Leichtigkeit eingeführt werden. Die Knickung desselben war wegen des Verlaufes der Speiseröhre längs der Concavität der Wirbelsäule nöthig. Damit das Instrument bei diesem Vorschieben nicht an dem Krystallfenster und der Prismenfläche beschmutzt würde, ist an demselben bei *H* noch ein Schieber angebracht, der vom Vorderende des Instrumentes durch eine bei *I* angedeutete Vorrichtung vor- und zurückgeschoben werden kann. Von diesem Schieber gedeckt, wird das Instrument bis in den Magen eingeführt und erst dann der Schieber zurückgezogen. Das Fernrohr *G* dient zur Vergrösserung des Gesichtsfeldes, die Marken *M* und *N* orientiren den Untersucher über die Stellung des Schnabels und somit über die eben besichtigte Magenpartie. Erwähnt muss noch werden, dass der zu Untersuchende 10 Minuten vor der Untersuchung eine Morphininjection bekommt, um die Untersuchung nicht etwa durch Brech- und Hustenreize zu stören; die entsprechende Lagerung desselben ermöglicht das ungehinderte Abfliessen Speichels, und habe ich selbst mehrmals einschl

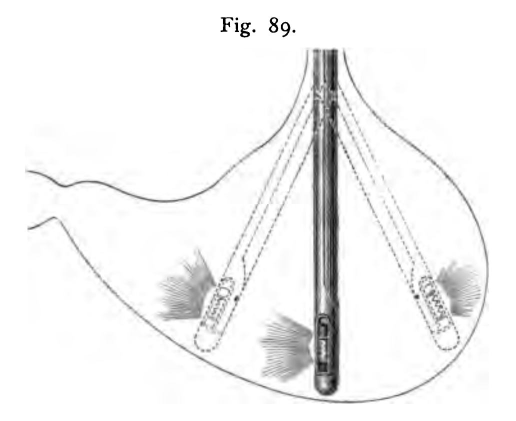
Fig. 88.



Demonstrationen meines Jugendfreundes Mikulicz beigewohnt, die unausgesetzt nahezu 2 Stunden währten.

Dieses Instrument kann im Magen, wie in Fig. 89*) angedeutet, nach vorne, nach rechts und nach links gewendet werden und bringt so alle Magenpartien zur Anschauung. Damit beide Hälften des Magens besehen werden könnten, wurden zwei Instrumente construirt, eines für die rechte und das andere für die linke Magen-

Fig. 89.



hälfte, von denen das erstere die Lichtquelle rechts, das letztere dagegen links hat.

Das Oesophagoskop wird in ähnlicher Weise dem Urethroskop nachgebildet.

Als Stromesquelle kann eine der im Capitel Galvanokaustik beschriebenen Leiter'schen Batterien oder eventuell eine dynamoelektrische Maschine verwendet werden.

*) Fig. 87, 88 u. 89 nach Mikulicz': Gastroskopie und Oesophagoskopie. Wien, Urban & Schwarzenberg.

Die Wasserleitung wird durch eine Druckpum
(Fig. 90) in Thätigkeit gesetzt. In dem Pumpenstiefel
(Durchschnittsfigur) ist der durchbrochene und mit ein
nach unten sich öffnenden Ventile *ve* versehene Kolben
luftdicht eingepasst und wird durch ein schweres Bl
gewicht *bg* nach abwärts gepresst. Infolge dieses Druck
steigt das Wasser durch das Steigrohr *sr* (Fig. *S*) u
tritt bei der Knickung *z* nach Lüftung des Hahnes
durch das Verbindungsstück *c* zunächst in den Hohlri
des Rheostaten *R* und von da nach Oeffnung d
Hahnes *v* durch das Ansatzstück *h* zum Instrumen
sodann von diesem durch den Schlauch *k*, dessen En
in den stellbaren Ring *m* eingehängt ist, in den Tricht
der Druckpumpe *b* (Fig. *S*) zurück. Die Druckpum
steht auf dem Metalldreifusse *st* und kann mittels der Ha
haben *ll* weggestellt und transportirt werden. Das aus de
Apparate zurückfliessende Wasser erzeugt durch d
Niederfallen der Tropfen auf den Metalltrichter ein de
lich hörbares Geräusch, welches zugleich als ein sicher
Beweis des Functionirens der Wasserleitung dient. I
nahezu alles Wasser verdrängt, so wird der Kolb
mittels der Aufhängevorrichtung durch Anziehen d
über die Rollen *ro* laufenden Schnur am Griffknopfe
emporgezogen. Durch diese Manipulation öffnet sich d
Ventil und das Wasser tritt unter den Kolben. Der m
dieser Wasserleitung verbundene Rheostat *R* beste
aus einem emaillirten Kupferhohlringe, an dessen rinne
förmiger inneren Peripherie, ein 250 cm langer, geg
sein Ende immer dünner werdender Neusilberdraht
spiralförmig aufgewunden und isolirt eingelagert i
Der Anfang dieses Drahtes steht mit einem cylindrisch

Metallstücke *o* und durch dieses mit der Klemmschraube 3 in leitender Verbindung. Ueber diese Neusilberdrahtspirale ist eine federnde Metallzange mittels der Hartgummi-

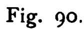
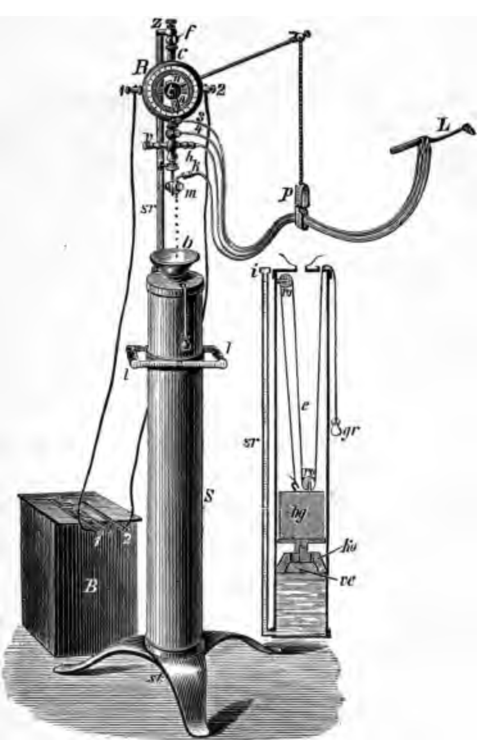


Fig. 90.



scheibe *t* verschiebbar, die mit der Klemmschraube 1 metallisch verbunden ist. Wird diese Zange von rechts nach links gedreht, so werden immer geringere Widerstände eingeschaltet und die Glühwirkung beliebig ver-

stärkt. An der Peripherie dieses Rheostaten ist ein Kreistheilung angebracht, über welcher der mit der Verbindungsklemmzange vereinigte Zeiger zugleich bewegt wird. Die Kreistheilung zeigt je 10 cm Drahtlänge an. Von der Batterie B werden die beiden Pole 1 und 2 zu den mit denselben Ziffern bezeichneten Rheostatklemmen geleitet, von denen die Klemme 1, wie bereits erwähnt, mit der Klemmzange des Rheostaten in Verbindung steht, während die Klemme 2 mit dem Metallgehäuse desselben und in weiterer Folge mit der Klemme 4 verbunden ist. Da der Neusilberdraht mit der Klemme 3 in leitender Verbindung steht, so wird von den Klemmen 3 und 4, der Strom durch die gleichnamigen Leitungsschnüre zum Instrumente L geleitet. Das Wasser der Wasserleitung wird deshalb durch den Hohlring des Rheostatengehäuses geführt, damit durch den Strom der Neusilberdraht sich nicht erwärme. In letzterer Zeit hat Leiter noch einen einfacheren Rheostaten gefertigt; er nahm nämlich eine Glasröhre, leitete durch diese das Wasser, wickelte den Neusilberdraht über dieselbe und richtete die Verbindungsklemmzange verschiebbar ein.

So hat Leiter die Bruck'sche Methode im Sinne Dr. Nitze's ganz selbständig erweitert und das gesammte elektroendoskopische Instrumentarium derart vervollkommnet, dass jeder unparteiische Kritiker neidlos dem Manne die grösste Anerkennung nicht versagen kann. Auch sind diese Apparate nicht etwa nur theoretisch erdacht und gezeichnet, sondern standen und stehen in Verwendung und im Gebrauche und wurden alle (nicht

nur einzelne) in fast allen ärztlichen Gesellschaften und Vereinen Wiens, sowie in zahlreichen ärztlichen Gesellschaften anderer Städte an Gesunden und Kranken erprobt und in Spitälern praktisch verwerthet.

Die Gründe, warum diese Methode nicht eine noch grössere Verbreitung gefunden, sind verschiedener Natur. Erstlich erscheint der ganze Apparat Manchen zu complicirt; Anderen erscheint er wieder zu theuer (obgleich Leiter die Apparate nur zum Selbstkostenpreise der Erzeugung abgab, da er ja von vorneherein auf jeden materiellen Nutzen aus dieser Sache verzichtet hatte, den er auch im allergünstigsten Falle selbst nach vielen, vielen Decennien nicht hätte ziehen können, da er für die Experimente und Versuche anlässlich der Construction derselben ein nach bürgerlichen Begriffen nicht unbedeutendes Vermögen geopfert hatte). Ein dritter Umstand liegt darin, dass diese Methode mit den eingebürgerten Beleuchtungsmethoden mit reflectirtem Lichte erst in Concurrenz treten und manche eingebildete specialistische Prioritäten überwinden müsste; so sagten ihm öfters Otiatriker: »Für die Laryngoskopie sind Ihre Apparate ausgezeichnet, aber für das Ohr komme ich mit dem reflectirten Lichte auch aus«; der Laryngoskopiker hingegen sagte ihm: »Für das Ohr leistet Ihr Apparat mehr denn alles reflectirte Licht, aber in der Laryngoskopie kann ich es entbehren; denn da komme ich mit reflectirtem Lichte aus« u. s. w. Andere hielten sich verpflichtet, für untergeordnetere Methoden einzutreten und bekämpften Leiter's Methode in Wort und Schr[illegible] ohne dass sie auch nur ein Instrument vorher in Th[illegible] keit gesehen hätten. Diese Umstände zusammengenom[illegible]

haben den Mann, der mit warmem Enthusiasmus sich der Sache gewidmet hatte, derart verbittert, dass er die in allen Ländern genommenen und jahrelang erhaltenen kostspieligen Patente aufliess und die weitere Erzeugung dieser Instrumente vorderhand ganz einstellte, bis eine günstigere Zeit der Sache an sich mehr Erfolg verheissen würde.

XIV.

Das Telephon und Mikrophon in der Heilkunde.

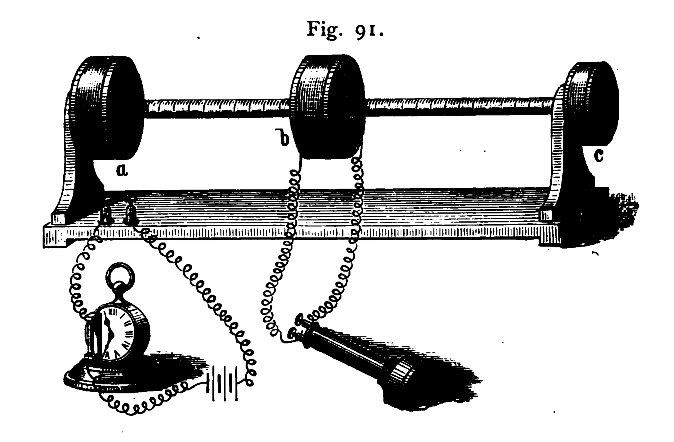
Zur selben Zeit, als Hughes sein erstes Mikrophon zur Uebertragung von Worten benutzte, haben andere Forscher die besondere Empfindlichkeit dieses Apparates dazu benützt, um die zartesten Laute des menschlichen Organismus zu untersuchen und zu studiren. Die schon bisher gewonnenen Resultate berechtigen zu der Erwartung, dass das Mikrophon und Telephon bald eine hervorragende Stelle unter den zu diagnostischen Zwecken verwendbaren Instrumenten einnehmen werde.

Im Folgenden seien nur einige Beispiele dieser Verwerthung kurz skizzirt, da auf alle einschlägigen Versuche hier nicht eingegangen werden kann.

1. Audiometer oder Sonometer von Hughes.

Dieser Apparat ermöglicht es, die Gehörsschärfe in einer äusserst exacten und mathematisch bestimmbaren Weise zu ermitteln, um analog der Sehschärfe und Sehweite absolut verwerthbare Daten zu gewinnen. Der Erfinder des Typendrucktelegraphen und des

Fig. 91.



Mikrophons hat auch diesen Apparat, der in Fig. 91 dargestellt ist, erdacht. Der Strom dreier Daniell-Elemente kreist durch die beiden circa 30 cm von einander entfernten Drahtrollen *a* und *c*, sowie durch ein am Sockel einer Pendeluhr aufgestelltes Mikrophon. Die Drahtlänge der Rolle *a* beträgt 100 m, jene der Rolle *c* 9 m. Zwischen diesen beiden Rollen ist die Rolle *b* verschiebbar, auf der ebenfalls ein Draht von 100 m Länge aufgewunden ist, dessen Enden mit den Polklemmen des Telephons verbunden sind. Das Ticken der Pendeluhr er-

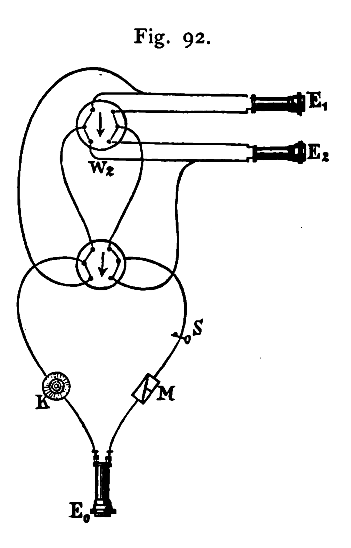
eine Veränderung in der Intensität des die Rolle *a* und *c* durchfliessenden Stromes, wodurch in der Rolle *b* Ströme inducirt werden, die das Hören des deutlich vernehmbaren Tickens der Uhr im Telephon bedingen. Nun aber sind die Windungen der Rollen *a* und *c* entgegengesetzt, so dass auch die von *a* und *c* in *b* inducirten Ströme entgegengesetzt sind und bei einer gewissen Stellung dieser Rollen einander aufheben, in welchem Falle man im Telephon absolut nichts hört. Diese Stellung hat der Erfinder mit 0 bezeichnet und den Abstand von diesem Punkte bis zur Rolle *a* in 200 gleiche Theile eingetheilt. Verschiebt man die Rolle *b* von 0 gegen *a*, so hört man das Ticken der Uhr anfangs schwach, dann immer stärker und stärker, am stärksten in der Stellung 200. Hört Jemand auch bei dieser Stellung das Ticken der Uhr nicht, so kann er als absolut taub bezeichnet werden.

2. Verwendung des Telephons zur Erkennung einseitiger Taubheit.

Stabsarzt Dr. Preusse in Berlin hat auf Grund der Beobachtung von Silvanus Thompson, dass zwei gleichartige, in einen Stromeskreis eingeschaltete Empfängertelephone eine Gehörswahrnehmung verursachen, die in den Hinterkopf verlegt wird, einen Apparat construirt, der es ermöglicht, sowohl die Simulation einseitiger Taubheit aufzudecken, als auch selbst unbewusste einseitige Taubheit nachzuweisen. Dieser Apparat (Fig. 92) besteht aus einer Noë'schen Sternsäule oder einem beliebigen anderweitigen Elemente *K*, einem Hughes'schen Mikro-

phone M, zwei Empfängertelephonen E_1 und E_2 für die zu untersuchende Person, einem Empfängertelephon Eo für den Untersucher zur Controle, ob der Apparat in gehöriger Thätigkeit ist, zwei Pohl'schen Wippen W_1 und W_2 (ohne Kreuz), an deren statt auch zwei anderweitige Stromwender eingeschaltet werden können, und einem Apparate zum Oeffnen und Schliessen des Stromes S (beispielsw. einem du Bois Reymond'schen Schlüssel).

Fig. 92.



Die beiden Wippen W_1 und W_2 gestatten es, den Strom nach Belieben abwechselnd bald durch beide Telephone, bald nur durch eines zu senden. Wird die untere Wippe in der Richtung des Pfeiles umgelegt, so circulirt der Strom durch beide Telephone; wird diese Wippe dagegen in entgegengesetzter Richtung umgelegt, so ist nur ein Telephon im Stromeskreis eingeschaltet. Die Wippe W_2 gestattet auf gleiche Weise den Strom durch E_1 oder E_2 zu senden. Wird dieselbe, wie in der Figur ersichtlich (bei entgegengesetzter Anordnung der Wippe W_1) gestellt, so circulirt der Strom blos durch E_2; wird sie aber in entgegengesetzter Richtung als der Pfeil es anzeigt, umgelegt, so geht der Strom nur durch E_1. Diese Vorrichtung gestattet es also, ohn

dass der Untersuchende davon Kenntnis erhält, seine Gehörswahrnehmungen bald auf das rechte, bald auf das linke Ohr zu beschränken oder in den Hinterkopf zu verlegen.

Es ist somit leicht, einen Simulanten durch vielfache Abwechslung in der Anordnung zu widersprechenden Angaben zu bringen, wodurch die Simulation erwiesen erscheint; denn wird die Empfindung überhaupt in das Hinterhaupt verlegt, so kann keine einseitige Taubheit vorhanden sein, auch kann keine Gehörsempfindung stattfinden, wenn nur das auf der angeblich tauben Seite befindliche Telephon wirkt. Zur Untersuchung empfiehlt es sich, am Mikrophon Geräusche zu erregen (beispielsweise mit einem feinen Haarpinsel über eine rauhe Fläche, auf der das Mikrophon sich befindet, zu streichen). Wählt man die Drähte sehr lang, so kann sich der Untersuchte selbst in einem anderen Zimmer befinden.

3. Explorativmikrophon.

Zu medicinischen Zwecken hat wohl zuerst Thompson das Mikrophon und zwar zu chirurgisch-diagnostischen Untersuchungen herangezogen. Maas in Freiburg verwendete, den Ideen Thompson's folgend, das gewöhnliche Mikrophon mit einer Sonde, die er zu verschiedenen Explorationen zu verwerthen suchte. Die vielen Nebengeräusche, sowie die unhandliche Form des Apparates hinderten indes die praktische Verwerthung des sonst so sinnreichen Instrumentes. Chardin und Prayer, Instrumentenmacher in Paris, verlegten nun das Mikrophon *in einen* Universalhandgriff für Sonden aller Art (Stein-,

Uterus-, Schlund-, Wundsonden etc.), welcher 8 cm lang und $1^1/_2$ cm dick, somit bequem und handlich ist. Klebt man auf eine Holzunterlage verschiedenartige Substanzen, wie z. B. Seide, Wolle, Papier, Leinwand, Metall, Knochen, Glas, Holz etc. und fährt mit dem Ende der Chardin'schen Sonde darüber, so kann man bei einiger Uebung, aus den im Telephon auftretenden Geräuschen den eben berührten Stoff erkennen.

4. Phonoskop.

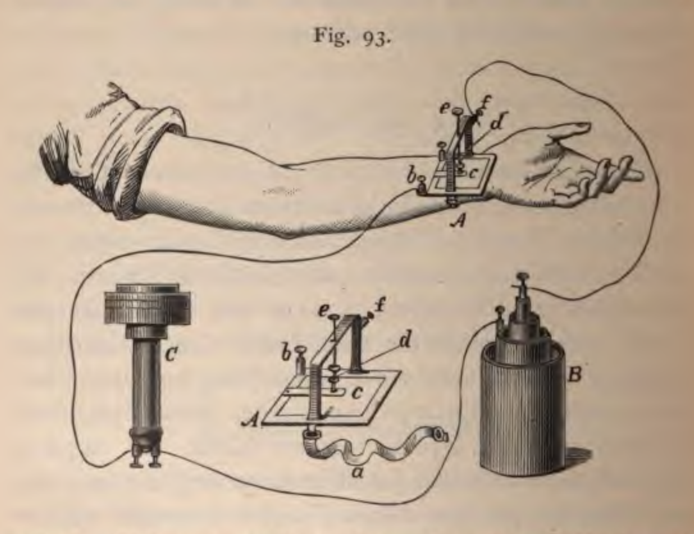
Dr. Ladendorf hat das Mikrophon mit einem Sthetoskop verbunden. Indes hafteten diesem Instrumente die Fehler des Maas'schen Explorativmikrophons an. Dr. Th. Stein verwendete zu gleichem Zwecke das Chardin'sche Mikrophon, das er mit einem Ansatze versah, welchen er in die Ohröffnung eines Sthetoskops einpasste und dadurch ein compendiöses Instrument herstellte, welches er Phonoskop nannte. Dieses Instrument ist indes nach Dr. Stein's eigener Kritik »zu empfindlich«, weshalb derselbe das Mikrophon wegliess und blos ein Telephon zu demselben Zwecke benützte, und so einen Apparat angab, den er

5. Sphygmophon

nannte. Dieses Instrument (Fig. 93) besteht aus einer Metallfeder *c*, welche mittels eines Metallviereckes und eines entsprechenden Bandes an die Herzgegend, das Handgelenk, wo der Puls am deutlichsten fühlbar ist, oder eine oberflächliche über einen Knochen gehende

Arterie befestigt wird. Die Metallfeder *c* trägt ein kleines Knöpfchen, welchem eine Platinspitze durch eine Mikrometerschraube in einem an das vorerwähnte Metallviereck isolirt angebrachten Bügel genähert oder von demselben entfernt werden kann. Die Platinspitze und das Knöpfchen der Metallfeder werden durch die Klemmen *b* und *f*

Fig. 93.



mit den Polen eines Elementes oder einer Batterie verbunden. Um die Entfernung dieser beiden Contactpunkte zu erhalten, dient eine Stellschraube *e*, wodurch die Einstellung der Mikrometerschraube fixirt werden kann. Ist die Platinspitze dem Knöpfchen der Metallfeder entsprechend genähert, so wird der Puls selbst die Schliessung und Oeffnung der Kette vornehmen und zwar wird der Strom durch die feinsten Bewegungen des Arterienrohres in minimaler, längerer oder kürzerer

Zeit unterbrochen und wird diese Unterbrechung in einem in die Drahtleitung eingeschlossenen Telephon in Tonschwingungen umgesetzt.

Dieser Apparat soll es ermöglichen, die Herz- oder Gefässtöne und Geräusche selbst einem grösseren Auditorium laut hörbar zu machen. Will man diese Töne noch lauter hören, so braucht man nur einige Elemente einzuschalten, doch hat auch dies seine Grenze wegen des Geräusches des schon aus grösserer Entfernung überspringenden Funkens, wenn die Stromstärke zu gross genommen wird.

6. Dr. Boudet's Myophon.

Dr. Boudet de Pâris veröffentlichte (in »La lumière électrique«, 3. Jahrg., Nr. 23, S. 389 ff.) mehrere Apparate, in welchen das Mikrophon zur Uebertragung der verschiedentlichen Schallerscheinungen im menschlichen Organismus herangezogen wird. Unter diesen Apparaten seien zwei hier erwähnt.

Das Myophon dient zur Untersuchung des Muskelgeräusches. Die bewegliche Kohle des Mikrophons ist cylinderförmig und in ihrer Mitte auf einer horizontalen Axe (die senkrecht zur Längsaxe des Kohlencylinders verläuft) drehbar eingerichtet, so dass beide Hälften derselben sich im Gleichgewichte befinden. Das eine Ende dieses Kohlencylinders ruht auf dem fixen Kohlenplättchen oder Kohlenstäbchen, welches letztere direct oder indirect die Schallwellen oder Bewegungen zur Tonbildung empfängt. Der bewegliche Kohlencylinder wird durch eine Papierfeder an dieses Kohlen-

plättchen angedrückt und ist überdies noch durch eine Mikrometerschraube verstellbar eingerichtet. Das fixe Kohlenplättchen oder Kohlenstäbchen ist in der Mitte einer über einem Telephonmundstücke (an Stelle der Eisenplatte im Bell'schen Telephon) gespannten Pergamentmembran befestigt, und ihm gegenüber, auf der Unterseite des Mundstückes, ebenfalls an der Pergamentmembran ein Untersuchungsknopf angebracht, welcher direct an den zu untersuchenden Muskel angesetzt wird. Sowohl von der beweglichen als von der fixen Kohle gehen Drähte ab, welche nebst einem Telephone in den Stromeskreis einer schwachen Batterie von nur 1 oder 2 Elementen eingeschaltet werden. Setzt man nun den Untersuchungsknopf auf einen zu untersuchenden Muskel auf, so kann man auf diese Weise das Muskelgeräusch im Zustande der Ruhe, der willkürlichen Bewegung, sowie während der durch elektrische Erregung hervorgebrachten Zuckung beobachten. Derselbe Apparat bietet ausserdem ein ausgezeichnetes Untersuchungsmittel in pathologischen Fällen, z. B. bei Lähmungen.

7. Dr. Boudet's Sphygmophon

ist genau nach demselben Principe construirt, wie sein Myophon und so empfindlich, dass die durch die Blutwellen entstandenen Bewegungen keine Störung bei Erforschung der intraarteriellen Geräusche verursachen. Der Untersuchungsknopf ist derart eingerichtet, dass er entsprechend der Ader verstellt werden kann. Das ganze *Instrument* wird wie ein Marey'scher Sphygmograph

befestigt. Da sich dieser Apparat aber nicht allen einer auscultatorischen Untersuchung unterziehbaren Körperstellen anschmiegen lässt, hat Boudet noch ein Uebertragungsmikrophon für auscultatorische Diagnostik construirt, bei welchem der Untersuchungsknopf durch ein sthetoskopartiges Ansatzstück ersetzt ist, welches durch einen Kautschukschlauch mit dem Mikrophon verbunden wird und dort, wie beim Marey'schen Sphygmographen in eine Trommel mündet, auf deren elastischer Platte das bewegliche Kohlenstückchen ruht. Boudet empfiehlt alle diese Apparate, in deren Stromeskreis selbstverständlich ein Telephon, und zwar womöglich eines mit kurzem und dickem Drahte, eingeschaltet ist, mit nur wenigen Elementen zu armiren, um die bei Anwendung eines starken Stromes an den Kohlencontacten entstehenden Störungen eliminiren zu können.

XV.

Elektrische Projectilanzeiger.

In der Mehrzahl der Fälle vermag der Chirurg nach Schussverletzungen die Lage des Projectils im menschlichen Körper ohne Schwierigkeiten zu bestimmen und kann auch sofort an die Entfernung desselben gehen. In manchen Fällen aber muss er sich auf nicht ganz verlässliche Vorkommnisse stützen, wie z. B. auf die Richtung des Schusscanales, den Sitz der grössten Druckempfindlich-

keit, sowie auf gewisse consecutive Störungen etc., und macht sich auf Grund der so gewonnenen Wahrnehmungen einen Operationsplan, schneidet da oder dort ein, erweitert den Schusscanal, fasst irgend einen harten Körper in der Tiefe und zieht wohl das eine oder das andere Mal ein Knochenstück statt des vermeintlichen Projectils hervor, da dasselbe sich nicht einmal in der Nähe der supponirten Stelle befindet. — Dies findet immer dann statt, wenn die Kugel bei dem Eindringen in den menschlichen Organismus an Knochentheilen abprallt oder längs derselben fortläuft (sogenannte Contourirschüsse).

Dass in allen diesen Fällen der chirurgische Eingriff eine unliebsame Complication der Schussverletzung bedingt, ist leicht begreiflich. In solchen Fällen sind Untersuchungsmethoden am Platze, die mit Sicherheit das Vorhandensein und die Lagerung eines metallenen Projectils im menschlichen Körper anzuzeigen vermögen. — Eine derartige Untersuchungsmethode hat Nelaton angegeben. Er construirte eine Sonde, die an ihrem Ende ein rauhes Porzellanknöpfchen trug. Diese Sonde musste bis auf das Projectil vorgeschoben, an demselben durch Andrücken und Drehen der Sonde gerieben werden, wobei sich das weisse Sondenende bleigrau färbte. — Aber einerseits ist die Färbung nicht deutlich, kann auch durch Kohlentheilchen, schwarz abfärbende Schorfe etc. vorgetäuscht werden und zeigt andererseits im günstigsten Falle nur bleierne, aber weder messingene, noch kupferne, noch eiserne Metallkörper in der Wunde an. Ueberdies erfordert die Nelaton'sche Methode eine sichere Fixirung des Projectils und eine so günstige *Lage* desselben, dass man die angegebene Prüfung aus-

führen kann. **Neudörfer** hat diese Sonde wohl geeignet gemacht, auch auf andere Metalle, als Blei, mit derselben untersuchen zu können, indem er nicht auf die Färbung, sondern auf die mitgerissenen Theilchen achtete und das Köpfchen der Sonde aus harten Substanzen, beispielsweise aus einem Stahlknöpfchen, das mit feinen Feilzähnen versehen war, fertigte. Indessen müssen auch hier die vorher angedeuteten günstigen Bedingungen für die Untersuchung vorhanden sein.

1. Methode Favre-Fontaine.

Eine Methode, mittels Elektricität das Vorhandensein und die Lage des Projectils in der Wunde nachzuweisen, hat zuerst Favre (Professor der Physik in Marseille) angegeben. Favre empfahl zu diesem Zwecke, einen Multiplicator zu verwenden, der in den Stromkreis einer schwachen Elektricitätsquelle, beispielsweise eines Volta'schen Elementes, einzuschalten wäre. Die Elektricitätsquelle müsste so gering und der Multiplicator zugleich so empfindlich sein, dass nur durch metallischen Schluss eine Ablenkung der Multiplicatornadel erfolgt, bei Einschaltung eines grösseren Widerstandes aber jeder Nadelausschlag unterbleibt. Würde nun der Schliessungsbogen dieser Vorrichtung an einer Stelle unterbrochen, und man vereinigte die beiden Polenden nebeneinander isolirt zu einer Sonde, so dass nur ihre Spitzen metallisch hervorragen, so könnte nur bei Berührung derselben mit einem Metalle, somit bei kurzem Schlusse eine Anzeige am Multiplicator erfolgen, dagegen müsste bei Berührung dieser Metallenden mit Weichtheilen, Knochen etc. wegen

der Einschaltung eines Widerstandes von mehreren tausend Kilometern Drahtlänge, die Multiplicatornadel in Ruhe bleiben.

Dr. Fontaine (Aide Major im französischen Heere) hat diese Idee Favre's zuerst praktisch ausgeführt und seine diesbezüglichen, zuerst an der Leiche durchgeführten Experimente in Nr. 139 der »Gazette des hopitaux«, Nov. 1862, veröffentlicht. Fontaine construirte eine ziemlich complicirte Sonde, nahm als Stromesquelle ein Smee'sches Element und als Multiplicator eine einfache mit Drahtwindungen versehene Boussole. Ueber die praktische Verwerthung dieses Apparates liegen keine Berichte vor.

2. Neudörfer's metallprüfende Sonde.

Um jede Täuschung durch eine immerhin mögliche Nebenschliessung im Multiplicator zu eliminiren und einen auch für den Kriegsschauplatz verwendbaren, leicht transportablen Apparat ohne Zuhilfenahme zerbrechlicher Elemente, Säuren etc. zu construiren, verwendete Neudörfer einen Thermomultiplicator, der die Stromesquelle und den Multiplicator vereinigt und nur das Anwärmen einer kleinen Metallkrücke zur Instandsetzung erfordert.

Die von dem nunmehrigen Oberstabsarzt und Sanitätschef Dr. Ignatz Neudörfer im Jahre 1863 in der »Wiener Medicinalhalle« beschriebene, anlässlich der Verwundung Garibaldi's bei Aspromonte, wo die grössten chirurgischen Celebritäten des Continentes über die Lage des Projectils im Zweifel waren, construirte

metallprüfende Sonde steht mit einem Thermomultiplicator in Verbindung, der 20 Kupfer-Neusilberelemente enthält.

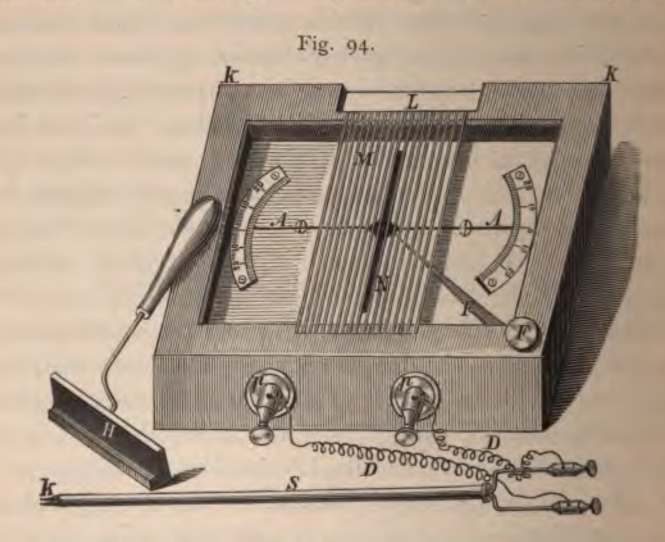
Die Wahl von käuflichem Kupfer und Neusilber zur Construction dieser Thermosäule begründete Neudörfer dadurch, dass die in der Spannungsreihe allerdings am weitesten entfernten Metalle, Wismuth und Antimon, sich mit dem Hammer nicht bearbeiten liessen, daher die daraus gefertigten Elemente gegossen werden müssten, spröde und zerbrechlich wären und überdies auch nur weich gelöthet werden könnten, wodurch bei unvorsichtigem Erwärmen leicht der ganze Apparat unbrauchbar würde. Daher entschied er sich für die in der Spannungsreihe ebenfalls weit abstehenden Metalle, nämlich für das käufliche Kupfer*) und Neusilber, woraus schmale Bänder gehämmert, L-förmig gebogen und mit Silber hart gelöthet, zu einer prismatischen Thermosäule vereinigt wurden, in der alle langen Kupferschenkel an der oberen, alle langen Neusilberschenkel an der unteren Oberfläche liegen, während die durch das Prisma gelegt gedachte Diagonalebene alle Löthstellen enthält.

Fig. 94 veranschaulicht die Einrichtung des Apparates. In der Mitte eines Holzkastens *kk* sieht man die von einander isolirt geführten 20 Kupferstreifen des Thermomultiplicators *M* mit ihren Löthstellen *L*; darunter verlaufen, in der Figur nicht ersichtlich, die 20 langen Neusilberstreifen, während an der inneren Seitenwand des Holzkästchens, an der die Polklemmen *pp* angebracht sind, die kurzen Kupferschenkel und an der entgegen-

*) Das reine Kupfer ist in der Spannungsreihe von Neusilb nicht so weit entfernt, als das käufliche.

gesetzten Seite bei L die kurzen Neusilberschenkel nach abwärts gebogen sind. Der erste Kupferstreifen und der letzte Neusilberstreifen sind mit den beiden Polklemmen pp vereinigt und es erscheinen diese Elemente nach Art eines Multiplicatordrahtes gleichsam um einen parallelopipedischen Rahmen gewunden. Im Mittelpunkte dieses Multiplicators ist eine gut äquilibrirte, leicht bewegliche

Fig. 94.



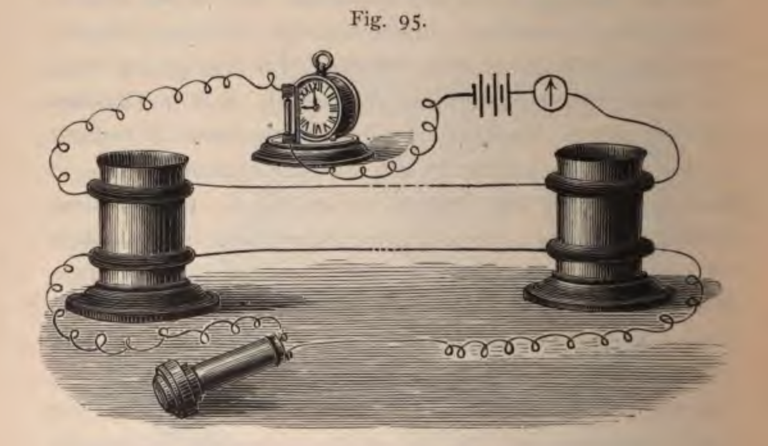
Magnetnadel N angebracht, welche durch die Schraube und den Hebel FF arretirt werden kann. Diese Magnetnadel trägt in ihrer Mitte, senkrecht zu ihrer Axe, eine leichte Aluminiumnadel AA, welche den Ausschlag der Magnetnadel an den zu beiden Seiten angebrachten Theilkreisen anzeigt, da die directe Beobachtung ihrer Schwingungen wegen der sie deckenden Kupferstreifen sich *nicht* so leicht controliren liesse. Sind diese beiden Pole

des Multiplicators metallisch geschlossen und man erwärmt die an einem hölzernen Handgriff befestigte Metallkrücke *H*, bedeckt die Löthstellen *L* mit einem Papierstreifen und legt die erwärmte Krücke *H* an dieselben, so werden sie ebenfalls erwärmt, während die diagonal entgegengesetzten Löthstellen ihre Temperatur nicht ändern, und die Multiplicatornadel wird einen Ausschlag von 45^0 anzeigen, da 20 Elemente für diesen Zweck vollkommen ausreichen, umsomehr, als der innere Widerstand in der Säule und im Multiplicator hier gleich sind. Die durch die Leitungsdrähte *DD* mit diesem Thermomultiplicator verbundene metallprüfende Sonde *S* besteht aus zwei von einander isolirten Eisendrähten, welche in feine wohlgehärtete Spitzen *k* auslaufen. Ueber diese Sonde wird eine isolirte Metallröhre geschoben, so dass die Spitzen der Sonde, wenn selbe ganz hervorgeschoben werden, aus der Umhüllungsröhre nur einige Millimeter hervorragen können. Bei der Untersuchung auf ein Projectil wird die Metallsonde hervorgezogen, so dass ihre Spitzen durch die unten abgerundete Hüllröhre bedeckt sind, und erst, wenn letztere an das vermeintliche Projectil anstösst, wird die Sonde vorgeschoben, auf dass ihre Spitzen die Umhüllungen des Projectils (Tuch, Leinwand, Papier, Fascien etc.) durchzustechen und in das Blei einzudringen vermöchten. Es braucht kaum hinzugefügt zu werden, dass, wenn der Schusscanal nicht geradlinig verläuft, sowohl die Sonde, als auch die Umhüllungsröhre entsprechend gekrümmt und gebogen hergestellt werden können. Elektrische Kugelsonden haben in der Folge mehreren deutschen Chirurgen, u. A. Liebreich, Kovacs, Neudörfer etc., die besten Dienste geleistet

3. Aufsuchung der Lage von Geschossen im menschlichen Körper mit Hilfe von Hughes' Inductionswage.

Die Inductionswage Fig. 95 besteht aus 4 Rollen von je 100 m Drahtlänge, die paarweise auf isolirenden Röhren aus Carton, Ebonit oder Glas etc. aufgesteckt sind. Diese

Fig. 95.



4 Spiralen bilden zwei von einander getrennte Stromeskreise, und zwar sind die beiden oberen und die beiden unteren Rollen in je einen Stromeskreis geschaltet. In den Kreis der beiden oberen Drahtrollen ist ein Hughes'sches Mikrophon und eine Batterie eingeschaltet, während die unteren Rollen mit einem Telephon verbunden sind. Die Drähte auf den Rollen sind so gewunden, dass die Ströme der oberen Rolle in den unteren entgegengesetzt gerichtete Ströme in*duciren*, welche durch entsprechende Stellung der Rollen

auf gleiche Stärke gebracht werden, so dass sie sich aufheben und im Telephon kein Schall wahrnehmbar ist. Die beiden Rollenpaare stehen, um eine gegenseitige Einwirkung zu vermeiden, mindestens 1 m von einander ab. Führt man nun in die eine der Röhren einen ganz dünnen Kupferdraht ein, so hört man im Telephon ganz deutlich das Ticken der Uhr, welches aber wieder sofort aufhört, wenn man den Kupferdraht aus der Röhre herauszieht. Bringt man eine Metallscheibe in die Röhre, so hört man das Ticken viel stärker; bringt man eine eben so grosse Metallscheibe in die andere Röhre, so sind die in jedem Rollenpaare hervorgerufenen Störungen gleich und die Wahrnehmung des Tickens im Telephon hört sofort auf; ist aber zwischen den beiden Metallstücken auch nur der geringste Unterschied in der Masse oder im Volumen, oder in der chemischen Zusammensetzung, Dichte, Härte oder Temperatur, so wird die hiedurch gesetzte einseitige Störung sofort auch durch das Telephon zur Anzeige gebracht werden. Es genügt übrigens schon, irgend ein Metallstück auch nur in die Nähe, gar in die Verlängerung der Axe einer der Röhren zu bringen, um eine Störung in der Induction und eine Schallwahrnehmung im Telephon herbeizuführen, worauf sich eben die Anwendung dieses Instrumentes als Projectilanzeiger stützt. Um die Inductionswage zum Aufsuchen von Geschossen im menschlichen Körper zu verwenden, wird eine der beiden Röhren derselben so lange über den Körper des Verwundeten hin und her verschoben, bis man die Stelle gefunden hat, wo das Telephon den stärksten Ton giebt; es ist klar, dass sich die gesuchte Kugel dann in der Richtung der Axe

der Röhre befindet. Mittels einer solchen Inductionswage »soll« die Lage der Kugel im Körper des Präsidenten Garfield bestimmt worden sein. Besonders eiserne und kupferne Metallkörper beeinflussen die Inductionswage stark, am wenigsten das Blei. Da nun aber die meisten Projectile aus Blei bestehen, muss die Stromesquelle verstärkt und statt einer Taschenuhr ein Contactunterbrecher am Mikrophon in Verwendung gezogen werden.

4. Professor M. A. Graham Bell's Methode,

mittels einer einfachen Nadel den Sitz und die Tiefe eines Projectils im menschlichen Körper zu bestimmen.

Bell schlägt vor, eine feine Nadel in die Gegend, die man glaubt für den Sitz des Projectils annehmen zu können, einzuführen. Diese Nadel ist mit dem einen Leitungsdrahte eines empfindlichen Telephons zu verbinden, welches der Operateur an sein Ohr hält, während der zweite Telephondraht durch ein Metallstück, womöglich aus demselben Materiale wie die Nadel gefertigt, mit der Hautfläche des Kranken in Verbindung gebracht wird. Sobald die Nadelspitze die Bleikugel findet, nimmt der Operateur im Telephon einen kurzen Ton wahr, einem Stosse entsprechend, da in diesem Falle der elektrische Strom der Telephonspule durch die Nadel und Kugel zum Schluss gebracht wurde. Vortheilhaft ist es, wenn die Nadel mit einem isolirenden Firnis überzogen ist und nur die Spitze vom Ueberzuge frei bleibt. Bezügliche Experimente sind im Volta-Laboratorium in Washington mit dem besten Erfolge ausgeführt worden, indem Bleikugeln in Thiercadaver eingeführt und auf die angegebene Weise aufgesucht wurden.

Um die Angabe des Telephons zu verstärken, empfiehlt sich die Einschaltung eines Stromunterbrechers, der rasche Unterbrechungen herbeiführt, sowie eines schwachen Elementes; eventuell könnte auch ein Mikrophon mit verwendet werden. Uebrigens kann man statt des Telephons auch ein Galvanometer einschalten und durch die Nadelabweichung den Sitz des Geschosses bestimmen.

5. Leiter's Projectilsucher.

Das Princip dieses Instrumentes beruht darauf, durch Berührung des Projectils mittels einer leicht biegsamen Sonde in der Wunde einen schwachen elektrischen Strom von 1—2 Leiter'schen neuartigen Braunstein-Elementen zu schliessen, um entweder ein Läutewerk in Thätigkeit zu setzen oder eine Galvanometernadel zum Ausschlag zu bringen, oder in bekannter Weise ein Mikrophon und Telephon als Indicator zu verwenden. Die Sonde selbst besteht aus einem Zinndrahte, der mit Pergament gut umwickelt, in eine Zinnröhre geschoben wird. Die Pergamentzwischenlage dient als Isolirungsschicht. Der centrale Draht endigt in ein Stahlknöpfchen und die Umhüllungsröhre trägt in gleichem Niveau einen von dem erwähnten Stahlknöpfchen isolirten Stahlring. Beide Endstückchen (Knöpfchen und Ring) sind an dieser Stelle unverrückbar (aber von einander isolirt) mit einander verbunden und bilden zusammen das stumpfe abgerundete Ende der Sonde. An der äussersten Spitze, wo der Ring und das centrale Knöpfchen in eine Ebene zu liegen kommen, sind diese Stahlendigungen mit radiär verlaufenden Feilzähnen versehen. Am entgegengesetzten

Ende befinden sich, von einander isolirt, die Klemmschrauben für die Poldrähte. Die ganze Sonde ist aussen gut vernickelt. Sie kann entsprechend der Richtung des Wundcanals beliebig gebogen werden, ohne dass die beiden Polenden (Stahlring und Stahlknöpfchen) von einander verrückt werden könnten. Gelangt man mit dieser Sonde an das Projectil, so braucht man, nur leicht andrückend, einige Drehbewegungen auszuführen, um die etwaigen Umhüllungsschichten des Projectils oder die oxydirte Oberfläche desselben zu entfernen und den Contact herbeizuführen. — Der Strom kann nun geschlossen und die Prüfung in einer der angedeuteten Weisen vorgenommen werden.

6. Trouvé's galvanische Kugelsonde und Kugelzieher.

Trouvé's Apparat besteht einerseits aus einem galvanischen Elemente der Projectil-Explorationssonde, dem Révélateur und andererseits aus einem Kugelzieher. Die Explorationssonde ist eine Canule mit einem stumpfen Mandrin. Der Révélateur besteht aus einem sehr kleinen Elektromagneten mit Neef'schem Hammer, welcher in einem Uhrgehäuse zwischen zwei Glasplatten enthalten ist. Er trägt eine Sonde, aus zwei von einander isolirten langen Nadeln bestehend, deren Spitzen ein wenig über die Isolirungsmasse hervortreten.

Die Explorationssonde wird unter dem Schutze des stumpfen Mandrins bis auf das vermeintliche Geschoss vorgeschoben, der Mandrin sodann herausgezogen und an seiner Statt die Sonde des Révélateurs in die Canule

eingeführt und so weit vorgeschoben, bis ihre zwei feinen Nadelspitzen in den Fremdkörper eindringen. Ist nun dieser fremde Körper metallisch, so wird die Thätigkeit des vorher mit einem einfachen Elemente armirten Neef'schen Hammers es gleich anzeigen.

Der Extracteur ist eine Museux'sche Zange, deren zwei Branchen von einander isolirt und mit Ansätzen für die beiden Elektroden versehen sind. Führt man diese Zange, nachdem man sie mit dem vorhin besprochenen kleinen Elektromotor in leitende Verbindung gebracht hat, geschlossen bis zum Fremdkörper ein, so wird das Spiel des Apparates es angeben, ob man mit der Zange das Metallstück allein gefasst hat, beziehungsweise wird das Aufhören des Spieles im Elektromotor darauf deuten, dass Weichtheile zwischen dem Projectil und der Zangenbranche eingeklemmt seien, die die Continuität des Stromes unterbrechen.

Ausser den hier angeführten Methoden existiren noch einige Modificationen derselben, auf deren genauere Besprechung hier nicht eingegangen werden kann. Erwähnt sei nur, dass v. Wilde zuerst vorgeschlagen hat, sich zur Anzeige des Durchgehens des Stromes eines elektrischen Läutewerkes zu bedienen.

Index.

Lewandowski, R.
Elektro-technik.

14516

NAME	

